

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA

Hornicko - geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Analýza odtokových a erozních poměrů na lokalitě Trojice

Diplomová práce

Autor: Bc. Jakub Slíva

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D

Ostrava 2016

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Jakub Slíva

Studijní program:

N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3914T026 Evropská škola pro technické znovuvyužití brownfields

Téma:

Analýza odtokových a erozních poměrů na lokalitě Trojice
Analysis of the runoff and erosion conditions on Trojice area

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod, cíle a metodika práce
2. Analýza pilotního území v GIS
3. Zhodnocení odtokových a erozních poměrů pomocí empirických přístupů
4. Zhodnocení odtokových a erozních poměrů pomocí matematických modelů
5. Geostatistické zhodnocení výsledků, revize návrhů opatření
6. Závěr, doporučení

Seznam doporučené odborné literatury:

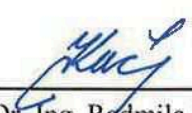
- HAAN, C.T., BARFIELD, B.J., HAYES, J.C (1994): Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments. London, Academic Press, Inc., 588 s., ISBN: 978-0123123404
- HARMON, R.S., DOE III, W.W. eds. (2001): Landscape Erosion and Evolution Modeling. New York, Kluwer Academic Publ., 540 s., ISBN: 978-0306467189
- JANEČEK et al. (1999): Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha, nakladatelství ISV, 202 s., ISBN: 80-85866-86-2
- UNUCKA, J. 2014. Environmentální modelování 1. Skriptum PřF OU. 209 p. SVZZ CZ.1.07/2.3.00/35.0053 & PřF OU.
- SHAMSI, U.M. (2005): GIS Applications for Water, Wastewater and Stormwater Systems. Boca Raton, CRC Press, 413 s. ISBN: 0-8493-2097-6
- WAINWRIGHT, J., MULLIGAN, M. (2003): Environmental Modelling. Finding Simplicity in Complexity. London, Wiley Blackwell. 430 s. ISBN: 978-0471496182

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016


doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová
vedoucí institutu




Prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 - školní dílo
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude u vedoucího práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny na informačním systému VŠB - TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencovaná pod Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že VŠB - TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnutí licenci k jejímu komerčnímu využití mohou jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 25.4.2016



Jakub Slíva

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. RNDr. Janu Unuckovi, Ph.D. za jeho čas, který mi věnoval po celou dobu, dále pak za jeho cenné a odborné rady, které mi vždy ochotně poskytnul. Dále bych chtěl poděkovat také své rodině, která mě podporovala po celou dobu mého studia a byla mi stále oporou.

Anotace

Tato diplomová práce je zaměřená na analyzování rizik erozních a odtokových poměrů na lokalitě bývalého dolu Trojice. V úvodu práce je seznámení s danou lokalitou, fakta o lokalitě a zhodnocení lokality pomocí geografických informačních systémů. Další kapitolou práce je empirické zhodnocení odtokových a erozních poměrů lokality a posléze zhodnocení těchto poměrů pomocí sofistikovaných matematických modelů. V závěru práce je geostatistické zhodnocení výsledků a návrhy opatření.

Klíčová slova: Areál Trojice, GIS, MIKE - SHE, eroze, odtokové poměry, matematické modelování.

Summary

This thesis focuses on the analysis of the risk of erosion and drain conditons in the area of the former mine Trojice. The introduction contains information regarding the specific site, facts about the location and the evaluation of the location through geographic information system tools. The following chapter introduces an empirical survey of drain and erosion conditions at the site and the evaluation of such conditions via advanced math models. The conclusion contains the evaluation of results and the suggested preventive measures.

Key words: Trojice area, GIS, MIKE - SHE, erosion, drain conditions, mathematical modelling.

Obsah

1	Úvod, cíle a metodika práce	1
2	Popis a analýza lokality v GIS	2
2.1	Lokalizace, rozloha a vlastnické poměry	2
2.2	Historie oblasti	3
2.3	Současnost	5
2.4	Geomorfologie oblasti	6
2.5	Pedologie	12
2.6	Geologie	18
2.7	Odval Ema	26
2.8	Kontaminace	31
2.9	Hodnocení oblasti z hlediska brownfields	36
3	Fluviální eroze	39
3.1	Formy povrchové fluviální eroze	39
3.2	Mechanismus fluviální eroze	41
3.3	Intenzita fluviální eroze	42
3.4	Důsledky fluviální eroze	43
3.5	Ochrana proti fluviální erozi	44
4	Empirické zhodnocení odtokových a erozních poměrů	46
4.1	Hodnocení poměrů podle charakteru půd	46
4.2	Hodnocení daných poměrů za pomoci GIS	49
5	Srážkoodtokové procesy a jejich modelování	51
5.1	Srážkoodtokový proces	51
5.2	Modelování S-O procesu	52

5.3	MIKE - SHE.....	52
6	Zhodnocení odtokových a erozních poměrů matematickými modely	56
6.1	Simulace vývoje výšky hladiny povrchového odtoku.....	57
6.2	Simulace vývoje deficitu nesaturované zóny.....	60
7	Geostatistické zhodnocení výsledků, revize návrhů opatření	63
7.1	Regresní analýza	63
7.2	Histogramy a statistika jednotlivých rastrových dat.....	65
8	Závěr	68
9	Použité informační zdroje	69
10	Seznam použitých zkratk.....	73
11	Seznam obrázků.....	74
12	Seznam tabulek.....	80

1 Úvod, cíle a metodika práce

Areál Trojice patří mezi Ostravské průmyslové brownfieldy, areál je dlouhodobě zanedbávaný. Nachází se zde tzv. Technology park, který ovšem zabírá pouze nepatrnou plochu z lokality. Zbytek areálu je zanedbaný, zdevastovaný a prorostlý náletovou zelení, některé části lokality prošly rekultivací. [1]

Tato oblast je svým umístěním a také historií velmi zajímavá z hlediska rozvoje a kulturního života města. Je zde mnoho prostoru pro různé zajímavé projekty, některé více či méně reálné.

Já jsem si pro svou práci vybral zhodnocení erozních a odtokových poměrů v dané lokalitě a to právě z důvodů dalšího možného rozvoje této lokality. Tyto poměry jsou velmi důležité pro budoucí rozvoj této oblasti z důvodu toho, aby případní investoři, kteří by byli ochotni zafinancovat, ať už jakýkoliv projekt, byli seznámeni se situací týkající se možných sesuvů půdních navážek a dalších možných rizik a předem počítali s vynaložením finančních prostředků na sanaci těchto rizik. Pro práci budu používat hlavně GIS konkrétně program ArcGIS a dále programy pro srážkoodtokové a erozní modelování.

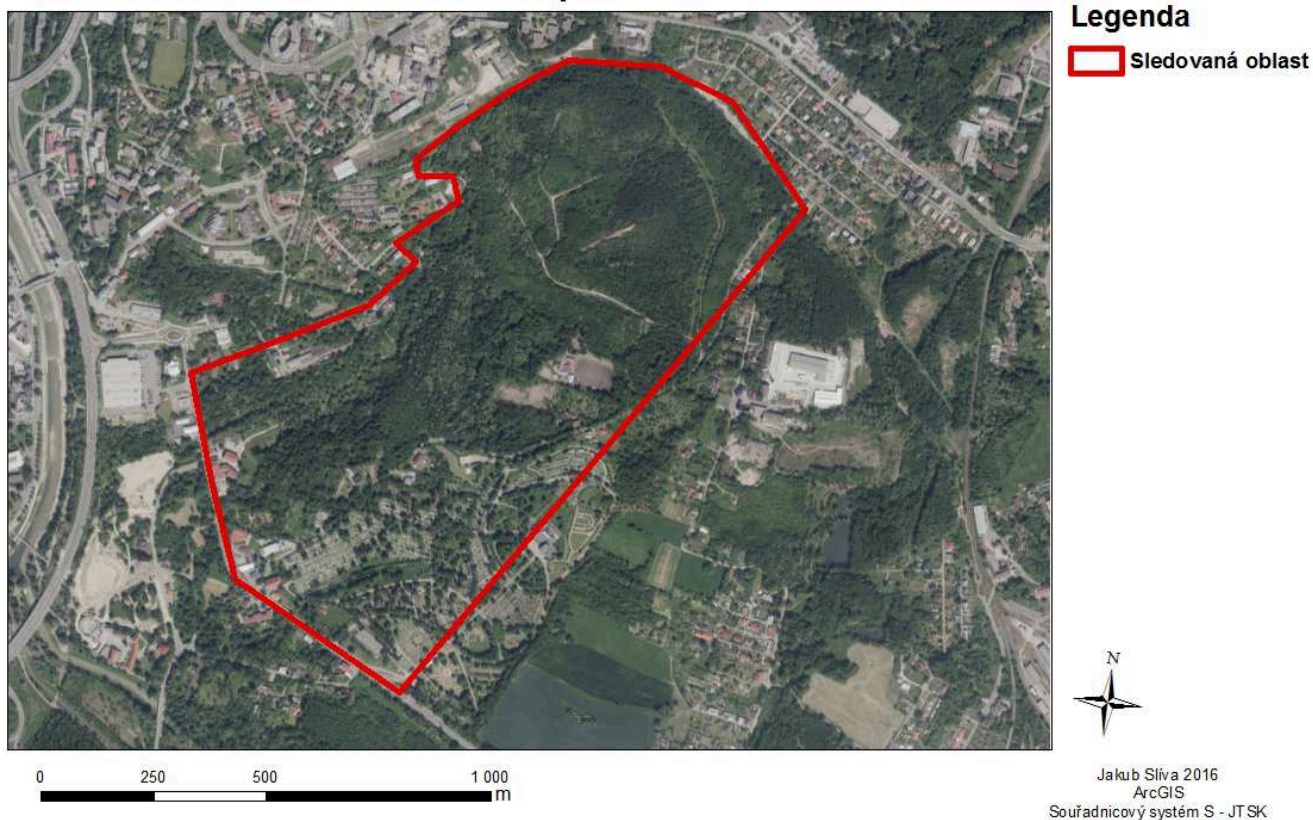
Cílem této práce je výstup v podobě zhodnocení odtokových a erozních rizik a také výstupem bude odtokový a erozní model oblasti. Po zhodnocení výsledků budou navržena vhodná opatření proti možným zjištěným rizikům.

2 Popis a analýza lokality v GIS

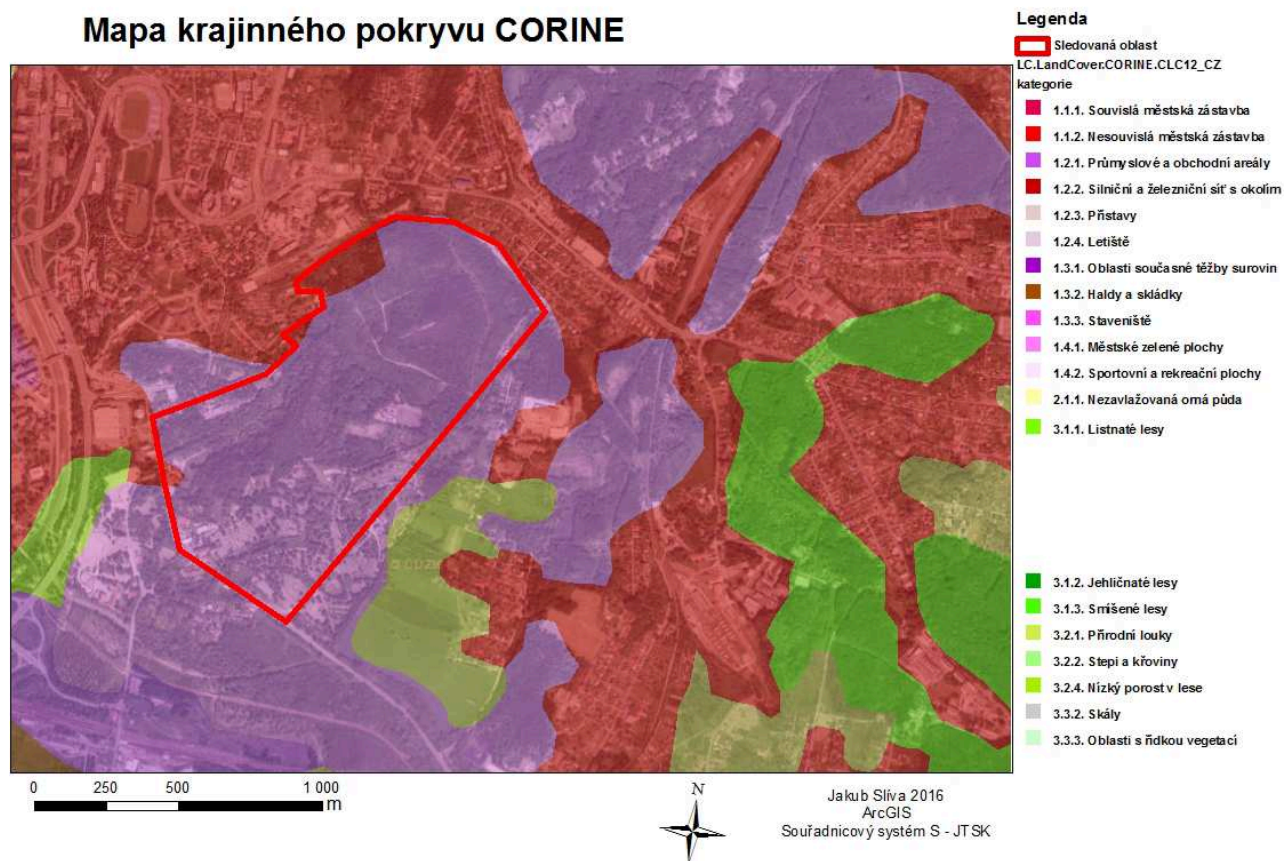
2.1 Lokalizace, rozloha a vlastnické poměry

Areál Trojice se nachází na Slezské Ostravě. Celý areál se skládá z Dolu Trojice a koksovny Trojice. Rozloha areálu je 147 337 m², ale námi zkoumaná oblast má rozlohu cca 961 300 m². Nyní objekt není téměř využíván a nebo je využívána jen malá plocha objektu a to jako skladovací plochy. Zjištěna kontaminovaná plocha činí 2000 m². Vlastníky plochy jsou: KARST s.r.o.; FO; A.I.V. VELMAN s.r.o.; DIAMO, Statutární město Ostrava; Dalkia Industry CZ s.r.o.

Zakreslení oblasti v ortofoto mapě



Obrázek 1 Zakreslení sledované oblasti v ortofoto mapě (Zdroj dat: CUZK)



Obrázek 2 Mapa krajinného pokryvu CORINE Land cover oblasti (Zdroj dat: CORINE, CUZK)

Na mapě krajinného pokryvu CORINE můžeme vidět, že oblasti Trojického údolí se nachází uprostřed městské zástavby, dále je zde také množství průmyslových a obchodních areálů, což napovídá budoucí dobré využitelnosti areálu a potvrzuje tak jeho dobrou pozici ve městě. Dále v okolí můžeme vidět také plochy zeleně.

2.2 Historie oblasti

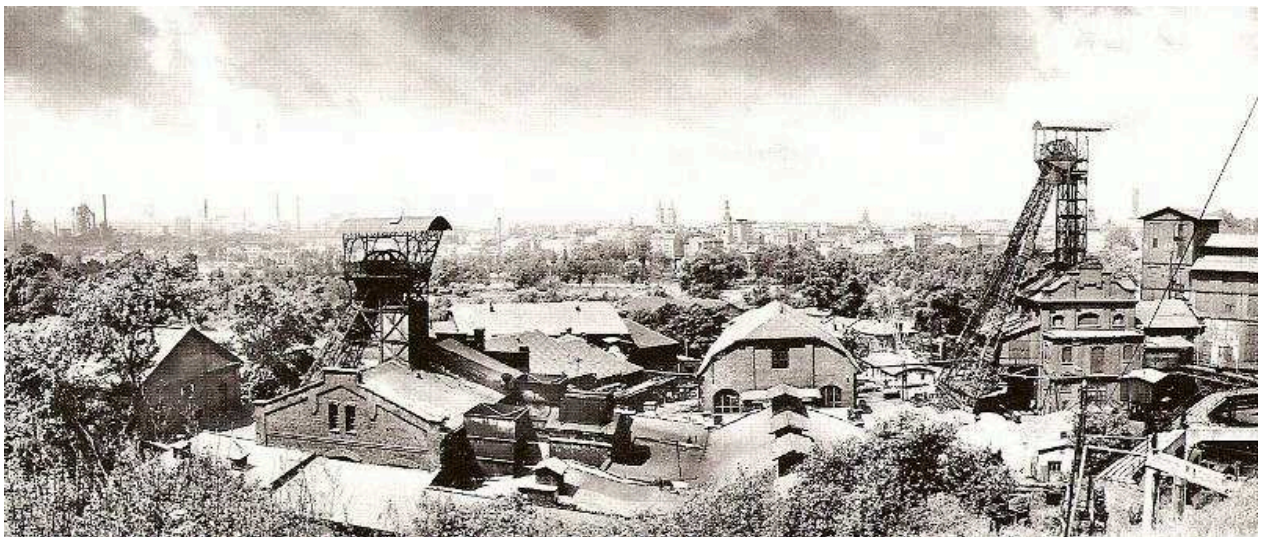
Důl svaté Trojice byl důl založený Stanislavem hrabětem Wilczkem v roce 1844 na Slezské Ostravě. Název získal podle dne svého založení, svátku sv. Trojice. Původně sloužil jako mělký důl. Později byla nedaleko odtud založena štola Bedřich a ještě o čtyři roky později zde byla vystavěna také koksovna.

V roce 1870 se započalo s přestavbou dolu na hlubinný provoz pod vedením hraběte Johanna Nepomuka Maria Wilczka. Těžní jáma dolu byla

vybavena dvouválcovým parním těžním strojem. Velká rekonstrukce dolu pak proběhla roku 1899, kdy byla postavena ocelová těžní věž, dále nová strojovna a instalován byl další parní těžní stroj. V té době se dobývalo pod zastavěnou částí Polské Ostravy. Na dole Trojice byla vůbec poprvé na Ostravsku zavedena tzv. plavená zakládka.

Na počátku 2. světové války byla vyhloubena jáma č. 3, která dosáhla konečné hloubky 699 metrů. Dle tehdejšího záměru se právě tato jáma měla stát ústřední těžní jámou všech dolů hraběte Wilczka.

V rámci přestavby a modernizace dolu Petr Bezruč došlo 1. července 1961 k jeho sloučení s dolem Trojice, který se tak stal pobočným závodem. Jámy č. 1 a č. 2 dolu Trojice byly zasypány v roce 1970 a jáma č. 3 pak v roce 1974. Tak skončila těžba na dole Trojice. [1] [2]



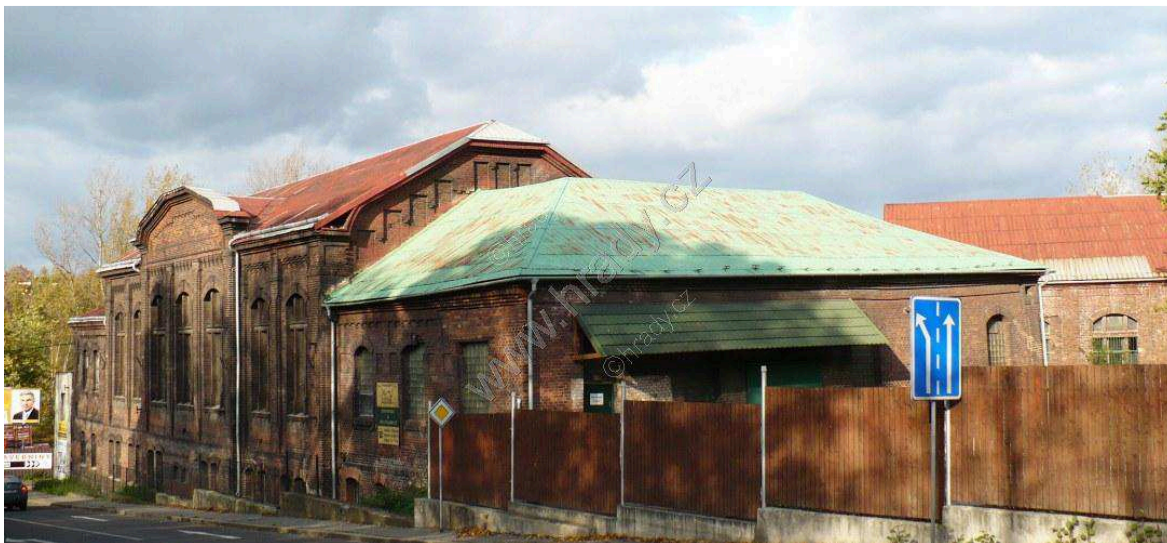
Obrázek 3 Historická fotografie z období provozu dolu Trojice (<http://www.hornictvi.info>)



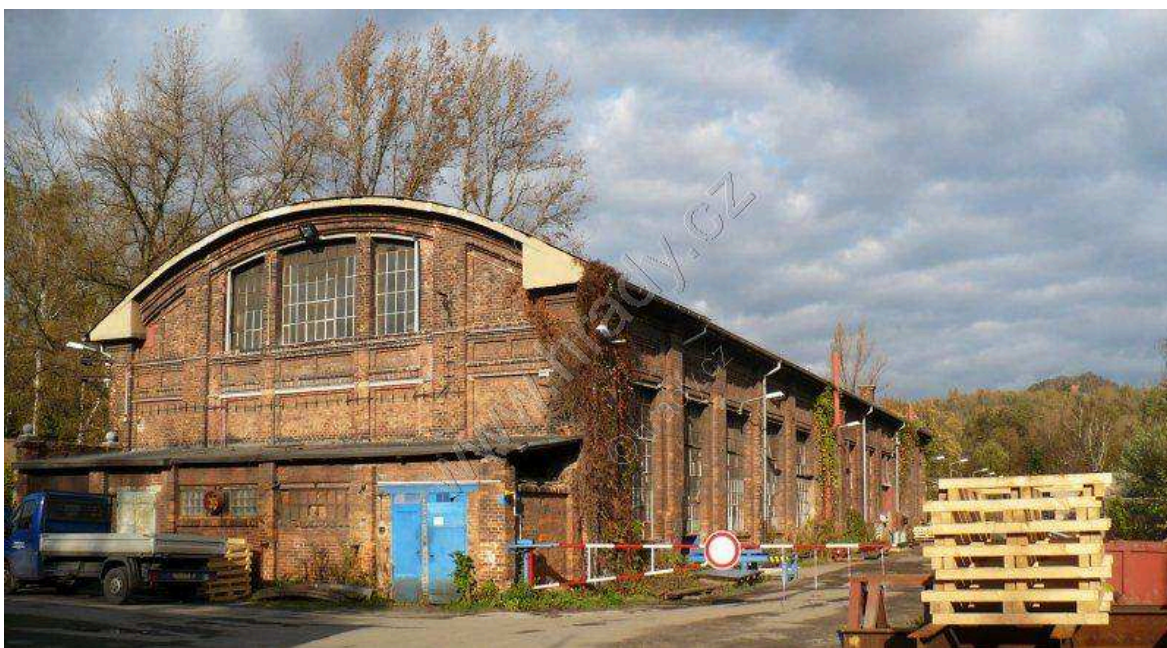
Obrázek 4 Pohled do Trojického údolí z haldy Emy v období provozu
(<http://www.zdarbuh.cz>)

2.3 Současnost

V současnosti je v této lokalitě vybudován tzv.: Technology park Trojice, který je nyní pronajímám firmám jako skladové prostory. Jedná se o komplex 4 budov, kdy jeden je složen z několika provozních křídel a samostatných budov Vrátnice, Strojovny I. a Strojovny II. Zdivo celého areálu je cihelné, do exteriéru provedené jako lícové. Vnitřní líc zdí je částečně opatřen omítkou. Výplň okenních otvorů je původní průmyslové zasklení jednosklem do ocelových rámců, či skleněné tvárnice. Podlahy jsou řešeny jako průmyslové z betonu nebo jako původní keramická dlažba. [1]



Obrázek 5 Historické budovy při Těšínské ulici (<http://www.hrady.cz>)



Obrázek 6 Historická budova v horní části areálu při ulici na Burni (<http://www.hrady.cz>)

2.4 Geomorfologie oblasti

Naše oblast se nachází na rozhraní dvou našich geologických jednotek a to Českého Masivu a Západních Karpat a zde konkrétně v geologické jednotce Hornoslezská pánev a v oblasti kvartér, svrchní karbon a perm. Hornoslezská pánev na našem území zabírá plochu asi 1600 km². Z provozního

hlediska se pánev dělí na ostravsko-karvinský revír, příborsko-těšínský revír a podbeskydskou pánev. Naše oblast se nachází právě v Ostravsko - karvinském revíru (dále jen OKR). [3] [4]

2.4.1 Západní Karpaty

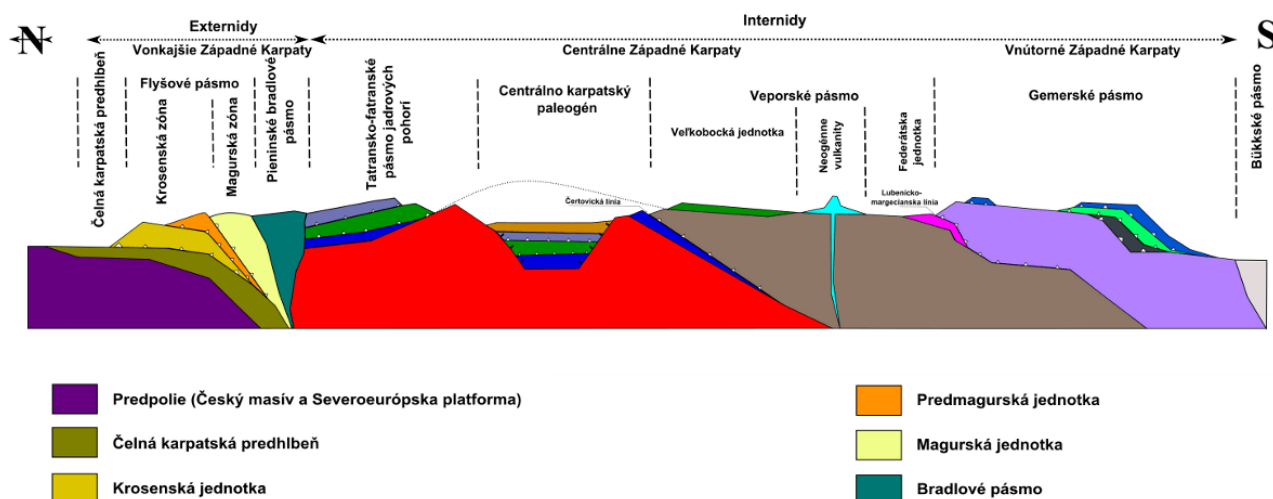
Jedná se o geomorfologickou provincii geomorfologického subsystému Karpat. Rozprostírají se na území ČR, Slovenska, Maďarska, Polska a Rakouska. Jejich délka je cca 500 m, táhnou se od dolního Rakouska po Kurovské sedlo na slovensko - polských hranicích. Karpaty jsou součástí Alpínsko - Himalájské vrásně - příkrovové soustavy, především její severní větve, které jsou nazývány alpidy. Nejvyšším vrcholem je Gerlachovský štít (2655 m) ve Vysokých Tatrách na Slovensku. Nejširší oblast dosahuje cca 200 km. [5]



Obrázek 7 Geomorfologické členění ČR (Zdroj: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geomorfologie/zapadni-karpaty/>)

Členění Západních Karpat je následující: Vnější, Centrální a Vnitřní Západní Karpaty. Tyto tři oblasti jsou odděleny dvěma saturami. Meliatská satura vzniklá po uzavření triaso - jurského Meliatského oceánu vytváří hranici mezi Centrálními Západními Karpaty a Vnitřními Západními Karpaty. Další saturou oddělující Vnější Západní Karpaty od Centrálních Západních Karpat je peripieninský lineament. Peripieninský lineament vznikl pravděpodobně na rozhraní křídý a třetihor uzavřením Váhického oceánu. [5]

Další členění je také na Internidy a Externidy. Mezi Internidy patří: Vnitřní Západní Karpaty (gemerské pásmo) a Centrální Západní Karpaty (pásmo jadrových pohoří a pásmo veporské). Ani jedna z těchto jednotek neleží na území ČR. Mezi Externidy patří: Vnější Západní Karpaty a zde konkrétně čelní karpatská předhlubeň, flyšové a bradlové pásmo. [5]

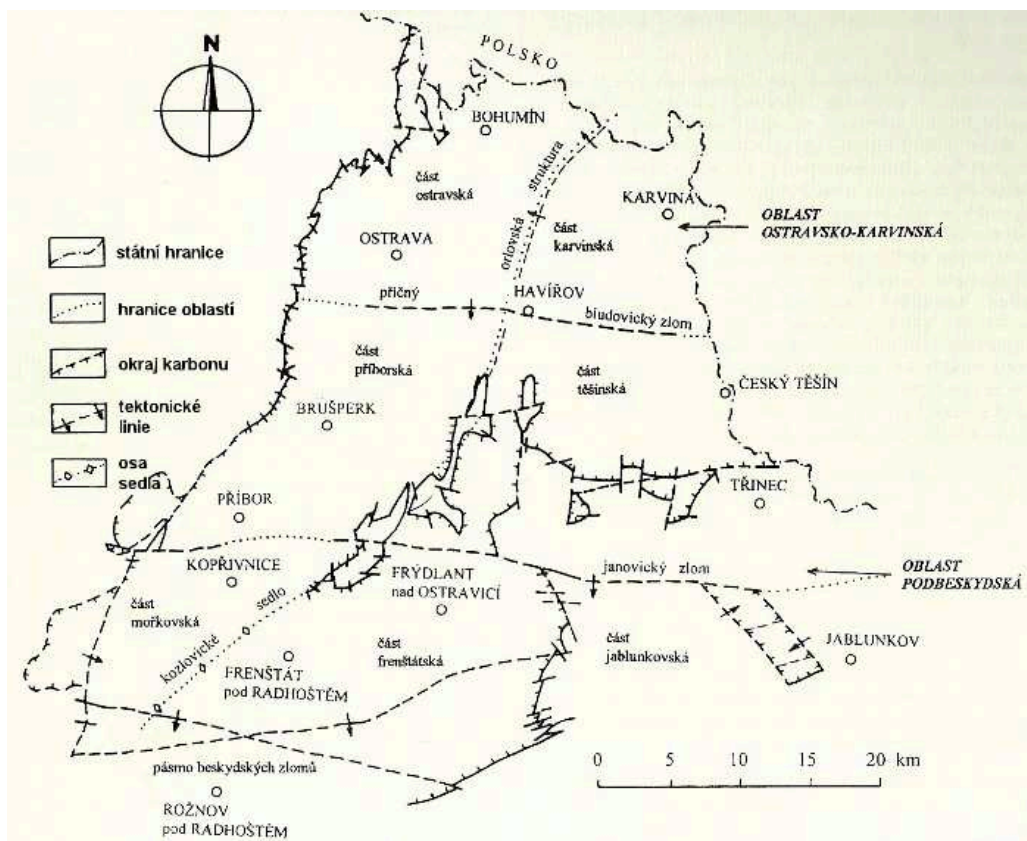


Obrázek 8 Tektonicko geologický profil Západních Karpat (zdroj: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geologie/geologie-moravskych-karpat/>)

2.4.2 Hornoslezská pánev

Jedná se o sedimentační prostor přibližně trojúhelníkového tvaru, který zasahuje do České části z Polské části Slezská svým JZ výběžkem. Hornoslezská pánev je nejvýznamnější černouhelnou pávní ČR. [6]

Rozkládá se na ploše cca 7000 km², ale na našem území zaujímá pouze plochu cca 1600 km². Celá oblast Hornoslezské pánve je rozdělena na čtyři dílčí pánve: Ostravskou, Petřvaldskou, Karvinskou a Frenštátskou. Z provozního hlediska se pánev dělá na Ostravsko - Karvinský revír, Příborsko - Těšínský revír a na Podbeskydskou pánev.

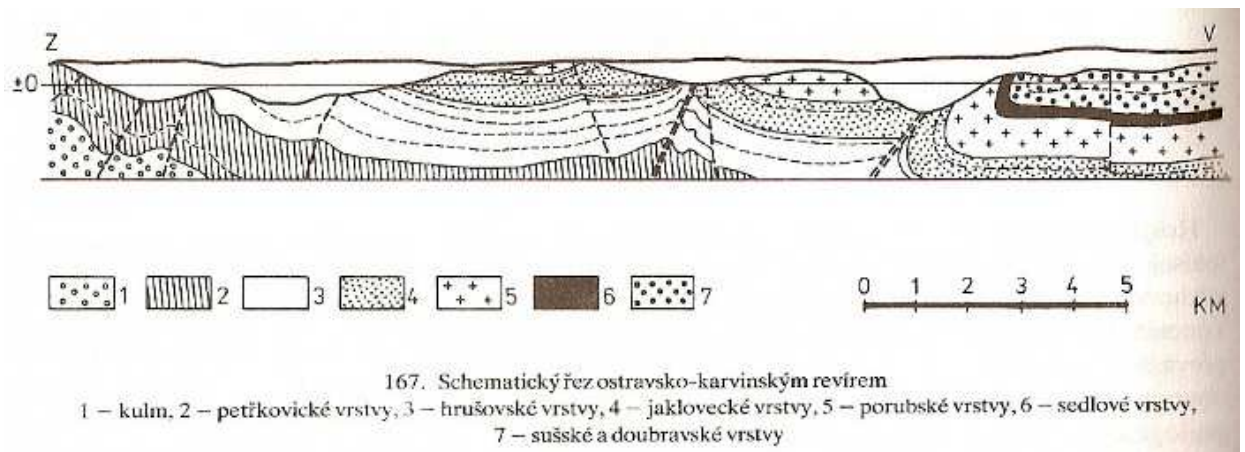


Obrázek 9 Schématická mapa Hornoslezské pánve (zdroj: <http://www.hornictvi.info/histhor/locality/okr/00a.htm>)

Podloží pánve je tvořeno krystalinikem, na které transgredovala bazální klastika devonu s vápenci a dolomity. Svrchní část devonu a spodní část namuru A je v kulmském vývoji. Kulm je ve vývoji jílovců, prachovců s polohami jemnozrnných pískovců. Písečné složky přibývá směrem k produktivnímu Karbonu. Produktivní Karbon se nachází pod různě mocným pokryvem, ojediněle vychází na povrch. Mocnost Karbonu dosahuje v OKR mocnosti cca 4800 m z toho na Ostravské souvrství připadá 2880 m a na Karvinské souvrství připadá

1200 m. Souvrství jsou budována jílovci, pískovci, prachovci, slepenci a uhlými sloji. Slepence a pískovce jsou převážně v bazální části karvinského souvrství.

Pokryvný útvar je tvořen třetihorní a kvarterní sedimenty, které transgredují přes zvrásněný a denudovaný karbon, a dále horniny beskydského flyše, jež byly při karpatském vrásnění přesunuty z jihu. [3] Karbonský reliéf je značně členitý, nejvýznamnější Karbonské elevace jsou ostravsko-karvinský a příborsko-těšínský hřbet. [3]

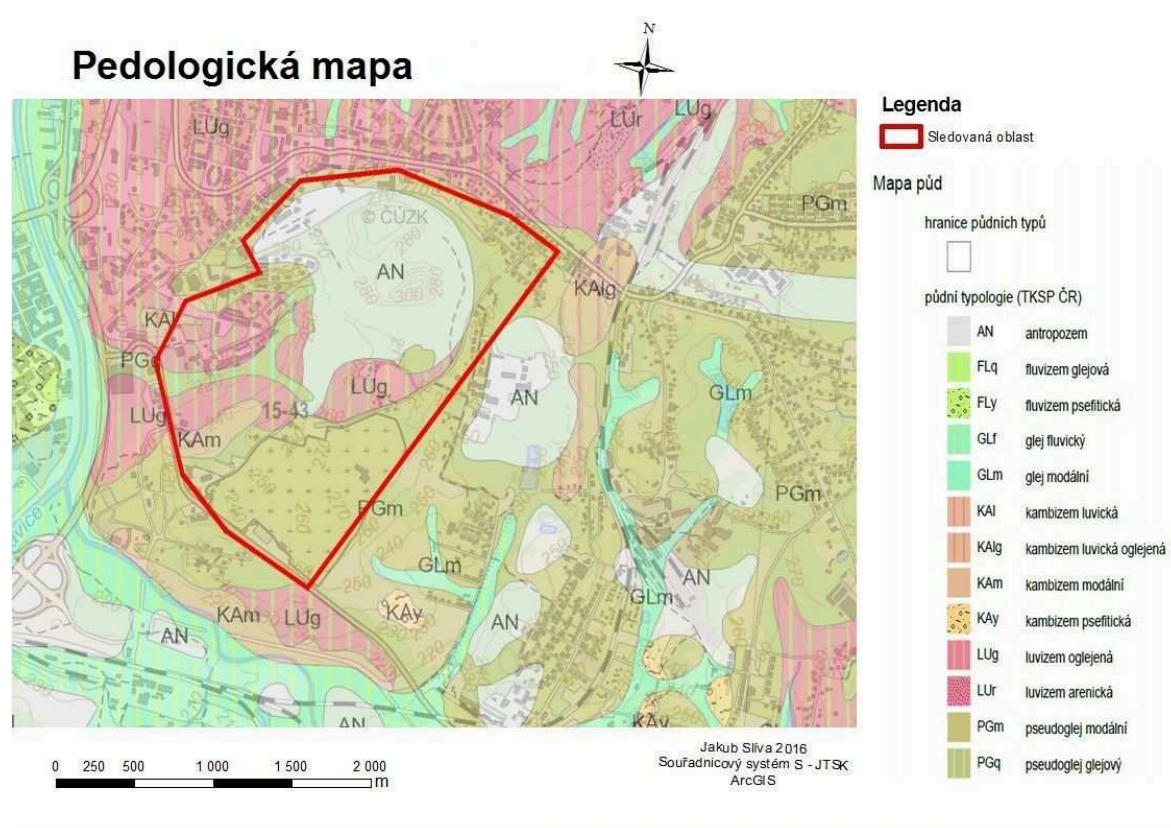


Obrázek 10 Schématický řez ostravsko - karvinským revírem (zdroj: <http://www.hornictvi.info/histhor/lokality/okr/00a.htm>)

	litostratigrafické jednotky		význačné uhelné sloje a horizonty	
stephan		arkóza kwaczalská		
westphal		w . libiaskie		
		w . laziskie		
		w . orzeskie		
	souvřství karvinské	vrstvy doubravské	sloj 962	
		sloj 804		
		sloj 747		
vrstvy sušské			← Hubert	
namur		sloj 605		
	vrstvy sedlové			
		sloj 504	← Prokop	
		sloj 499	← Gaebler	
	vrstvy porubské			
		sloj 403		
		sloj 385	← Barbora	
	vrstvy jaklovecké			
		sloj 301		
		sloj 255	← Enna	
	vrstvy hrušovské		← Františka	
souvřství ostravské		sloj 102		
		sloj 099	← Nanetta	
	vrstvy petřkovické			
		sloj 009	← Štúr	
visé	hradecko kyjovické souvřství	vrstvy kyjovické		

Obrázek 11 Stratigrafické schéma Hornoslezské pánve (Zdroj: Geologická minulost České republiky, autor Ivo Chlupáč a kolektiv)

2.5 Pedologie



Obrázek 12 Pedologická mapa Slezské Ostravy s vyznačením sledované oblasti.

Jak vypovídá mapa, v naší lokalitě se nachází převážně kambizemě, konkrétně kambizem luvická a modální, luvizemě zde je zastoupená převážně luvizem oglejená, dále se zde nacházejí pseudogleje, ze kterých se zde nachází pseudoglej glejový a pseudoglej modální dále se zde nachází ve značné míře také antropozem.

2.5.1 Klasifikace jednotlivých typu půd

Kambizem - KA: Kambizemě jsou převážně půdy s O - Ah nebo Ap - Bv - IIC stratifii s kambickým hnědým (braunifikovaným) horizontem, který se vyvinul převážně v hlavním souvrství svahovin magmatických, metamorfických a zpevněných sedimentárních hornin i jim odpovídajících souvrstvích, např. v nezpevněných lehčích až středně těžkých sedimentech. Kambizemě se vytvářejí převážně ve svažitých podmínkách pahorkatin, vrchovin a hornatin, v menší míře

se vytvářejí i v rovinatém reliéfu jako sypké substráty. Tyto půdy vznikají z vysokého spektra substrátů a to podmiňuje jejich rozmanitost z hlediska trofismu, zrnitosti a skeletovitosti při uplatnění více či méně výrazného profilového zvrstvení zrnitosti, skeletovitosti, jakož i chemických (např. biogenní a stopové potenciálně rizikové prvky) a fyzikálních vlastností (ulehlost bazálního souvrství, která ovlivňuje laterální pohyb vody v krajině). [7]

V hlavním souvrství obecně dochází k posunu zrnitostního složení do střední kategorie v relaci k bazálnímu souvrství, k čemuž také přispívá i jejich obohacení prachem. Tyto půdy se nacházejí v širokém spektru vegetačních a klimatických podmínek. Původními společenstvy kambizemí jsou smíšené a listnaté lesy (dub, buk, jedle), u oligobazických i jedle a smrk. Vyznačují se mesickým až frigidickým teplotním a udickým až perudickým hydrickým režimem. Jejich výskyt v takto širokém rozmezí klimatických a vegetačních podmínek určuje difference v akumulaci a kvalitě humusu, ve vyluhování půdního profilu, zvětrávání, v interakci s vlastnostmi substrátů. U kambizemí nalézáme veškeré formy nadložního humusu. (8)

Subtypy kambizemí:

kambizem modální - KAm

kambizem luvická - KAl

kambizem melanická - KAn

kambizem umbrická - KA_u,

kambizem andická - KAb

kambizem rubifikovaná (chromická) - KA_j

kambizem fluvická - KA_f

kambizem oglejená - KA_gs

kambizem glejová - KA_q

kambizem vyluhovaná - KA_v

kambizem dystrická - KA_d

kambizem litická - KAt

kambizem arenická - KAr

kambizem pelická - KA

kambizem psefitická - KAy

kambizem rankerová - Kas

V naší lokalitě se z uvedených subtypů kambizemí nachází kambizem modální (KAm), která se vyznačuje středně těžkými a lehčími středními substráty a kambizem luvická (KAl), která je charakteristická zejména příměsí eolického materiálu slabě vyvinutý povlaky jílu (argilany) na povrchu pedů v horizontu Bv. [7]

Luvizem - LU: Kambizemě jsou půdy s diferencovaným profilem na výrazně vybělených (albický) eluviálních horizontech El s výraznou destičkovitou až lístkovitou strukturou. Často přechází jazykovitými záteky, ve kterých lze mikromorfologicky potvrdit rozrušování argilanů, do luvického horizontu Btd, tento vykazuje vysvětlené povrchy pedů, které se střídají s pedy s hnědými argilany. Mikromorfologicky můžeme zjistit, že hnědé i vybělené argilany jsou charakterizovány výrazným dvojlomem. Do substrátu pozvolna prochází luvický horizont. [7]

Na těchto půdách byl původním společenstvem listnatý les (dub, buk, habr, lípa). Nadložní humus je reprezentován převážně moderem, pod ním leží pouze několik centimetrů mocný horizont Ah. Z uvedených horizontů a ze svrchní části albického horizontu vznikla ornice zemědělských půd. Proto je světlá, s velkou náchylností k erozi. Časté oglejení a eventuálně i acidifikace se projevují zvýšeným obsahem amorfního volného železa (FeO). V ornících zemědělských půd činí obsah humusu 1,7 až 2,2, % a zvyšuje se při nárůstu acidifikace a oglejení. Tyto půdy se vytvářejí převážně v rovinách a v mírně zvlněném reliéfu, protože jinak podléhají erozi. Vytvářejí se převážně z prachovců, polygenetických hlín, místy i z lehčích substrátů obohacených eolickým materiálem. (8)

Subtypy luvizemí:

luvizem modální – LU_m

luvizem rubifikovaná (chromická) – LU_j

luvizem oglejená – LU_g

luvizem dystriká – LU_d

luvizem arenická – LU_r

V naší oblasti se nachází pouze luvizem oglejená (LU_g), která se charakterizuje vytvářením bločků v El a Btd středně výraznými znaky mramorování. [7]

Pseudoglej - PG: Pseudogleje jsou Půdy s O–Ahn či Ap–En–Bmt–BCg–C nebo O–Ahn či Ap–Bm–BCg–C stratigrafií. Pro pseudogleje je charakteristický výskyt výrazného mramorovaného, redoximorfního diagnostického horizontu. Půdy vyvinuté z luvizemí mívají nad ním vybělený horizont s velkým výskytem výrazných nodulárních novotvarů. V tomto případě Mramorovaný horizont označený Bmt vznikl transformací luvického horizontu. U ostatních půd mramorovaný horizont vznikl transformací kambického braunifikovaného horizontu nebo pelického kambického horizontu, v posledním případě jej označujeme Bmp. Obecně blízko půdy nacházíme nodulární novotvary. Existují pseudogleje z těžkých substrátů, kdy nad pelitickým mramorovaným horizontem nalézáme ostře oddělenou lehčí a světlou vrstvu či vybělený horizont, vznikl ferolytickým rozpadem jílu. Tyto půdy jsou řazeny k planosolům. Moder, morový moder a někdy hydromoder jsou nejčastěji humusovou formou. Ornice a humusový horizont mají ve srovnání s okolními anhydromorfními půdami zvýšený obsah humusu. Obsah humusu v ornici se pohybuje v rozmezí 2,5–3,5 %. Pseudogleje jsou půdami eubazickými (VM nad 60 % u zemědělských, V 20–50 % u lesních půd) v horizontu Bm, se zvýšeným zastoupením amorfního FeO. Je možný výskyt oligobazických pseudoglejů. Pseudogleje se vytvářejí z litogenně zvrstvených eventuálně nepropustných (písčitojílovitě, pelické) substrátů nebo pedogenně (z

luvizemí) Nalézáme je v humidnějších oblastech a v rovinatějších částech reliéfu. [7]

Subtypy pseudoglejí:

pseudoglej modální – PGm

pseudoglej luvický – PGI

pseudoglej kambický – PGk

pseudoglej glejový – PGq

pseudoglej hydroeluviovaný – PGw

pseudoglej vyluhovaný – PGv

pseudoglej dystrický – PGd

pseudoglej pelický – PGp

pseudoglej planický – PGpl

Ve sledované lokalitě se nacházejí dva typy pseudoglejí a to pseudoglej modální (PGm), který je charakteristický nanejvýš litogenní texturní diferenciací, respektive nepropustností profilu ($V_M > 30 \%$ u zemědělských, $V > 20 \%$ u lesních půd) a pseudoglej glejový, který je charakterizován výraznějšími reduktomorfními znaky, které se objevují níže 0,6 m (amfiglej). (8)

Antropozem - AN: Antropozem je půda vytvořená nebo vytvářená člověkem ze substrátů nakupených při těžební a stavební činnosti. Charakter těchto půd závisí na vlastnostech původního materiálu, dále pak je dán antropogením vrstvením či mísením materiálu a dále pak usměrněním procesu pedogeneze po rekultivacích upravujících půdní vlastnosti pro lesnické, zemědělské nebo rekreační účely. Pouhým navrstvením materiálu vznikají pouze antropické substráty (vysýpky, haldy a deponie). Po rekultivaci skládek odpadů se mohou vytvářet specifické podmínky. [7]

Subtypy Antropozemí:

antropozem humózní: Je antropozem s překryvem materiálu z humusových horizontů o mocnosti do 0,3 m.

antropozem hlubokohumózní: Antropozem s překryvem materiálů z humusových horizontů o mocnosti nad 0,3 m.

antropozem překrytá: Antropozem s překryvem materiálů lepších zrnitostních a jiných vlastností než má většinový substrát bez výrazného prohumóznění.

antropozem terasovaná: Antropozem s terasovou úpravou terénu.

antropozem urbická: Skladající se ze substrátů obsahujících zbytky stavebních materiálů.

antropozem pelická: Antropozem z těžkých materiálů o zrnitosti 4–5.

antropozem arenická: Antropozem z lehkých materiálů o zrnitosti 1.

antropozem kontaminovaná: Antropozem s obsahem persistentních kontaminantů překračujícím svrchní hranici variability pozadí.

antropozem redukováná: Antropozem se znaky redukčních procesů v důsledku emise CH₄ na skládkách.

antropozem thionická: Antropozem s obsahy sirníků.

antropozem intoxikovaná: Antropozem s obsahem persistentních kontaminantů překračujících sanační limity.

antropozem oglejená: Antropozem s výrazně redoximorfními znaky v důsledku převlhčení.

antropozem skeletovitá: Jedná se o odvaly kamenolomů.

antropozem glejová: Antropozem s reduktomorfními znaky v důsledku převlhčení. [7]

Na naší sledované lokalitě můžeme vidět obrovskou masu antropozemě, jedná se o v Ostravě známý odval neboli haldu Ema. Jedná se o odval vzniklý hornickou činností na Ostravsku, který jak známo stále prohořívá.

2.6 Geologie

2.6.1 Geologie Hornoslezské pánve

Podloží hornoslezské pánve je tvořeno brunovistulikem s pokryvem hlavně devonských a spodnokarbonských uloženin. Výplň sestává hlavně z klastických svrchnokarbonských sedimentů s černouhelnými slojemi. Jižní omezení není zcela jasné, vrtnými pracemi byla prokázána existence namurské výplně až u Němčiček na jižní Moravě a tak v hlubokém podloží mladších uloženin není jasná původní souvislost s hornoslezskou pánví. Na našem území dělíme hornoslezskou pánev na dvě části a to na severní část ostravsko - karvinskou a na jižnější podbeskydskou, které se poté dále dělí na řadu menších celků podle praktické potřeby. K těmto celkům patří např.: Severní Ostravská a Karvinská oblast, které jsou odděleny orlovskou tektonickou strukturou a na jihu výskyty v okolí Českého Těšína, Frenštátu pod Radhoštěm, Brušperka a Jablunkova. Prakticky se severní část označuje jako Ostravsko - karvinský revír, ale významnější dělení je z geologického hlediska dělení na západnější a mobilnější předhlubeň variského horstva a na východnější část platformní. Obě zmíněné části se liší jak výplní a intenzitou tektonického porušení, kterého ubývá od Západu k Východu viz. Obr.9, tak se liší také mocnostmi. [6] (9)

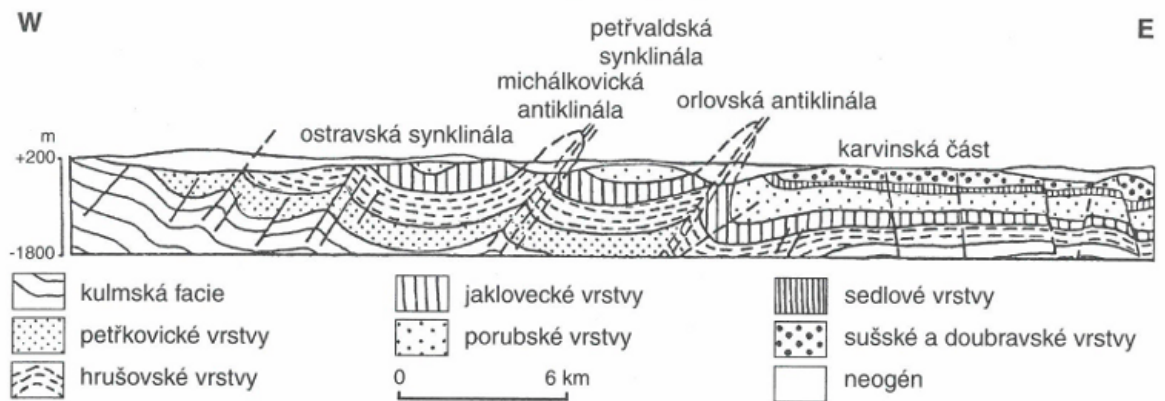
Na našem území vystupují svrchnokarbonské horniny na povrch pouze ve městě Ostravě a to pouze ve velmi omezených odkryvech. V ostatních případech jsou kryty příkrovy Vnějších Karpat a neogenními uloženinami karpatské předhlubně. Z toho důvodu je jejich průzkum znemožněn a omezen pouze jen na důlní díla a hlubinné vrty. Ovšem i přes toto omezení je stupeň prozkoumanosti této oblasti na vysokém stupni a to díky jejímu ekonomickému významu v minulosti. Délka důlních děl se čítá na tisíce kilometrů a úhrnná délka průzkumných vrtů je kolem 1 800 km. [6]

Svrchní karbon hornoslezské pánve stratigraficky dělíme na souvrství ostravské a karvinské, z nichž každé obsahuje ještě další nižší vrstvy, viz obr. 9 a ty se dále dělí na ještě nižší jednotky, toto dělení je hlavně z praktických důvodů. [6]

Ostravské souvrství o maximální mocnosti až 3200 m představuje paralitickou uhlonosnou molasu a náleží spodnímu namuru. Jedná se o uložení střídavého mořského a kontinentálního režimu sedimentované po hlavní fázi variského vrásnění. Ostravské souvrství je z hlediska proměnlivosti facií zřejmě nejpestřejší sedimentární jednotkou Českého masivu. Střídají se zde cyklicky mořské, brakické a různé kontinentální facie, které byly ovlivňovány tektonickými procesy, klimatickými výkyvy, změnami úrovně moře i vulkanickou činností. Charakteristickým znakem je cykličnosti několika řádů. Základní cykly ostravského souvrství tvoří opakovaný sled: hrubozrnné bazální pískovce - prachovce - uhelná sloj - jílovce. Cykly nebývají úplně zachovány v důsledku častého odnosu svrchních částí při transgresi dalšího cyklu. [6] [10]

Mořské záplavy přicházely obvykle od SSV k JJZ, nejdále však jihu a zasáhly pouze čtyři hlavní ingrese reprezentované mořskými patry: Štúra, Barbory, Gabriely, Enny. V hornické praxi se jako mořská patra označují intervaly s mořskou nebo brakickou sedimentací, jsou tvořené především jílovými sedimenty. Patra mají stratigrafický i praktický význam, protože dovolují identifikovat ve zvrásněném sledu uhelné sloje a dělit souvrství na vrstvy petřkovické, jaklovecké, porubské a hrušovské. [11]

Období tektonického klidu v oblasti se odráží v uhelných slojích, v tomto období probíhalo zarůstání dna pánve rašeliništi a uhlotvornou vegetací, zejména plavuňemi a přesličkami. Ostravské souvrství se vyznačuje svou bohatostí na sloje, kterých je téměř 500, ale mají malou mocnost a často se vytrácejí, proto je těžitelná pouhá cca 1/4 z nich. Ovšem kvalita uhlí je velmi vysoká a nachází se zde i antracitické uhlí, které je obsaženo v petřkovických vrstvách. Značná část zde těženého uhlí je koksovatelná. [6]

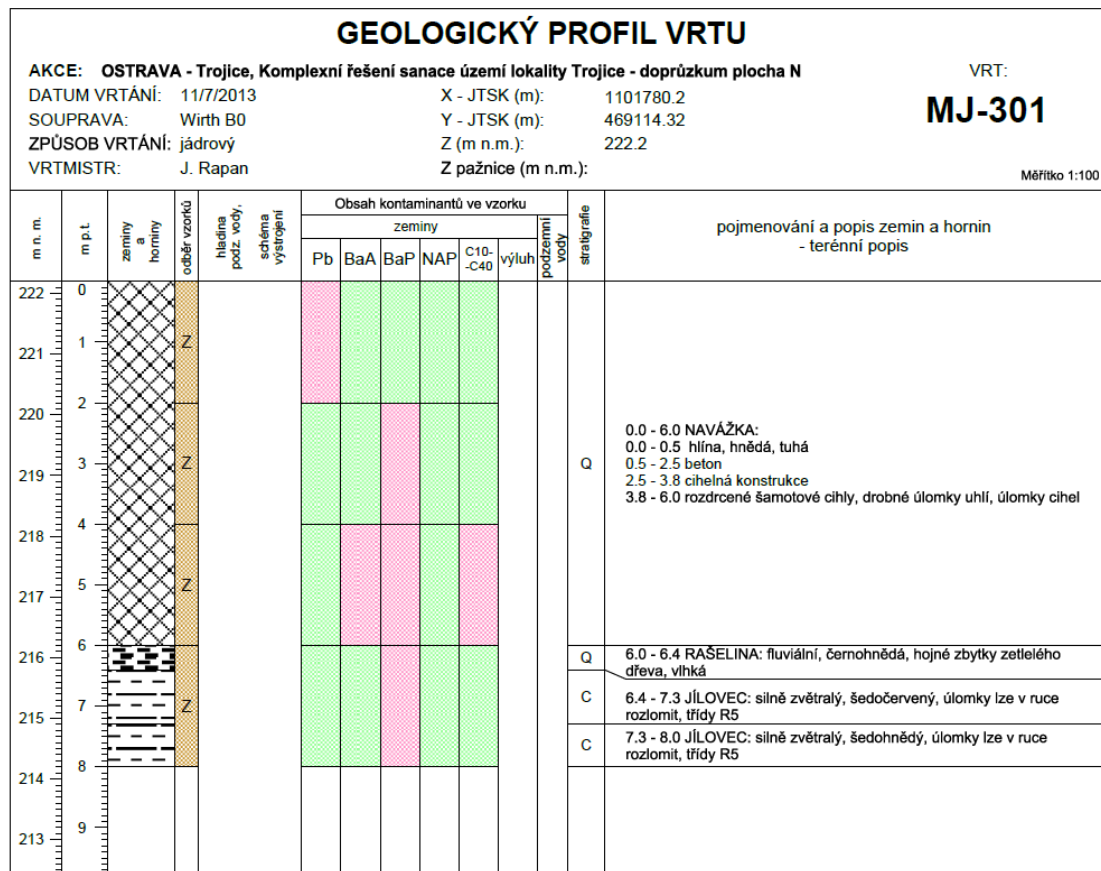


Obrázek 13 Schématický profil českou částí hornoslezské pánve (podle M. Dopity et al. 1993) (Zdroj: Geologická minulost České republiky, autor Ivo Chlupáč a kolektiv)

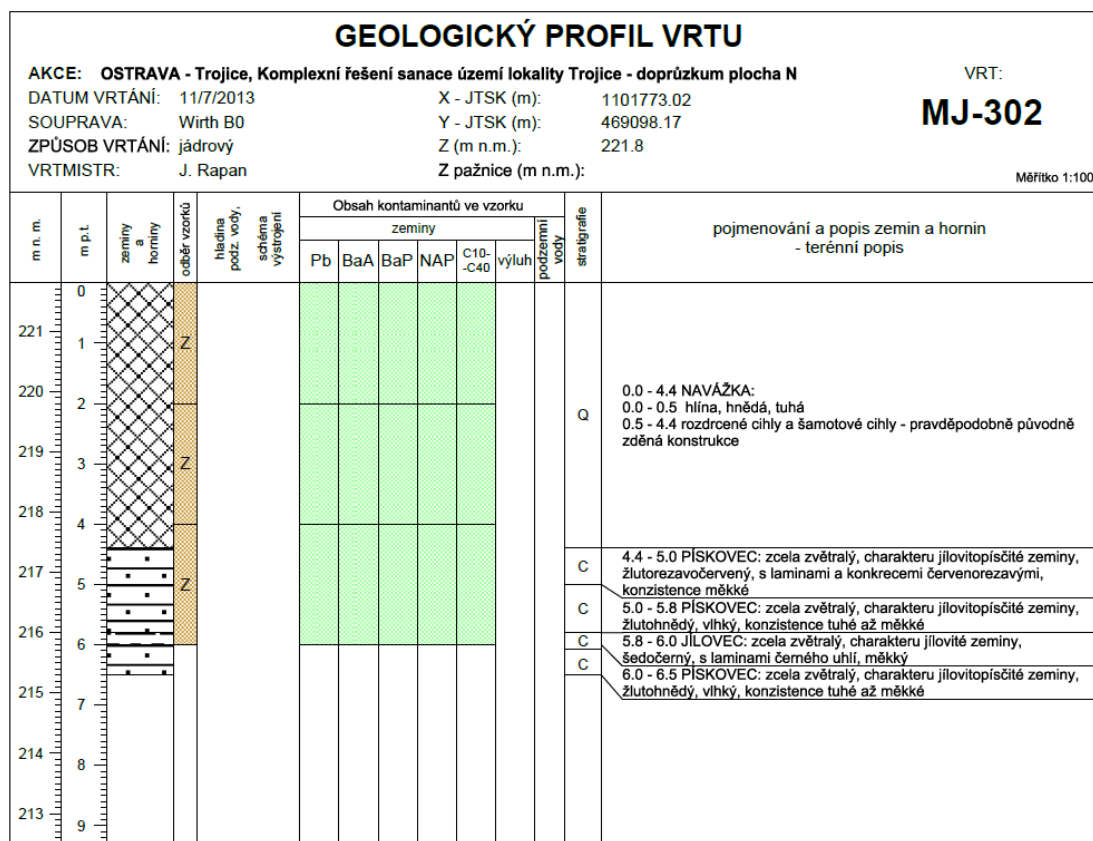
2.6.2 Geologie Trojického údolí

Oblast Trojického údolí je z geologického hlediska složena převážně antropogenní navázkou o mocnosti od 3,7 m až po 6,7 m, která je tvořená převážně úlomky cihel a betonu, škvárou, popelem a hlínou. Některé vrty zastihly původní podzemní stavební konstrukce. Dále se zde nachází v hloubce od 3,7 m do 6,4 m karbonské horniny jako jíly, jílovce, vápnité jíly, podřízené písky, štěrky a řasové vápence v různém stupni zvětrání. Což dokazují prováděné geologické vrty, které zde byly provedeny v roce 2013. Vrty byly provedeny za účelem doprůzkumu komplexních řešení sanací lokality Trojice. Byly provedeny vrty MJ - 301 až MJ - 306 tedy šest vrtů. Vrty byly provedeny v oblasti, kde se nacházela koksovna. [12]

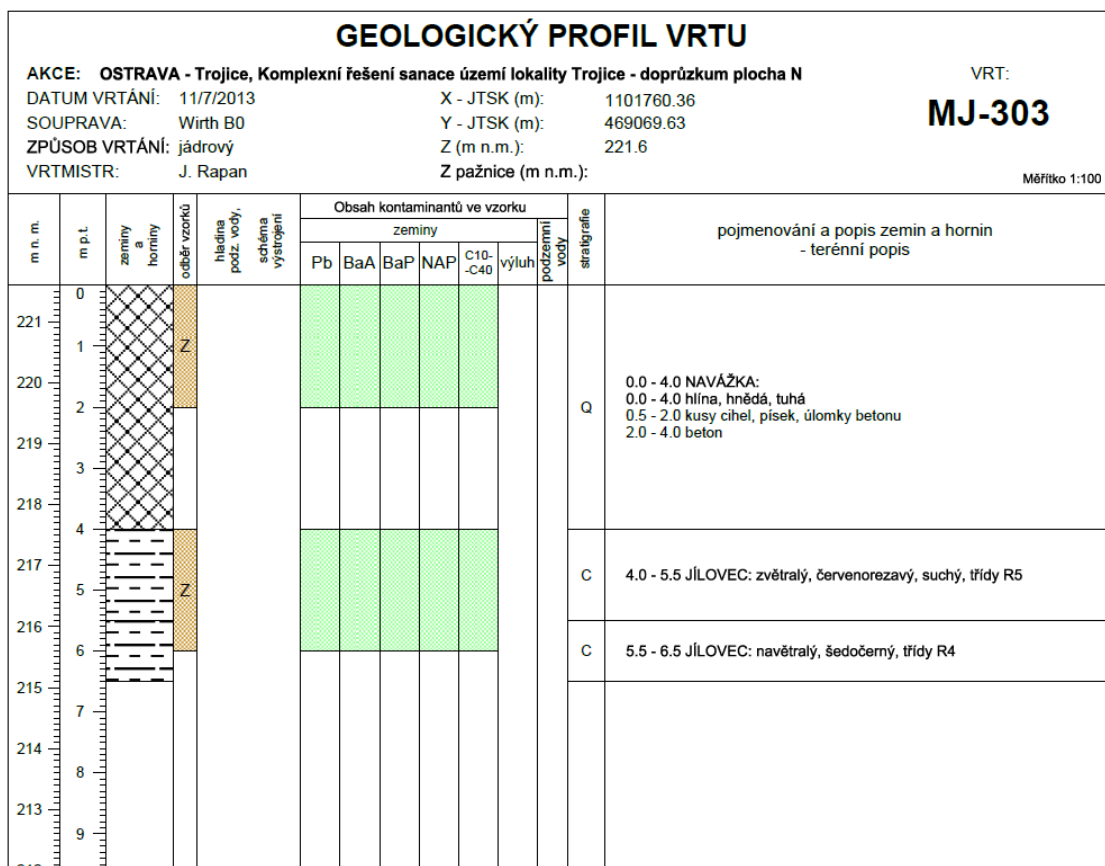
2.6.3 Profily jednotlivých vrtů



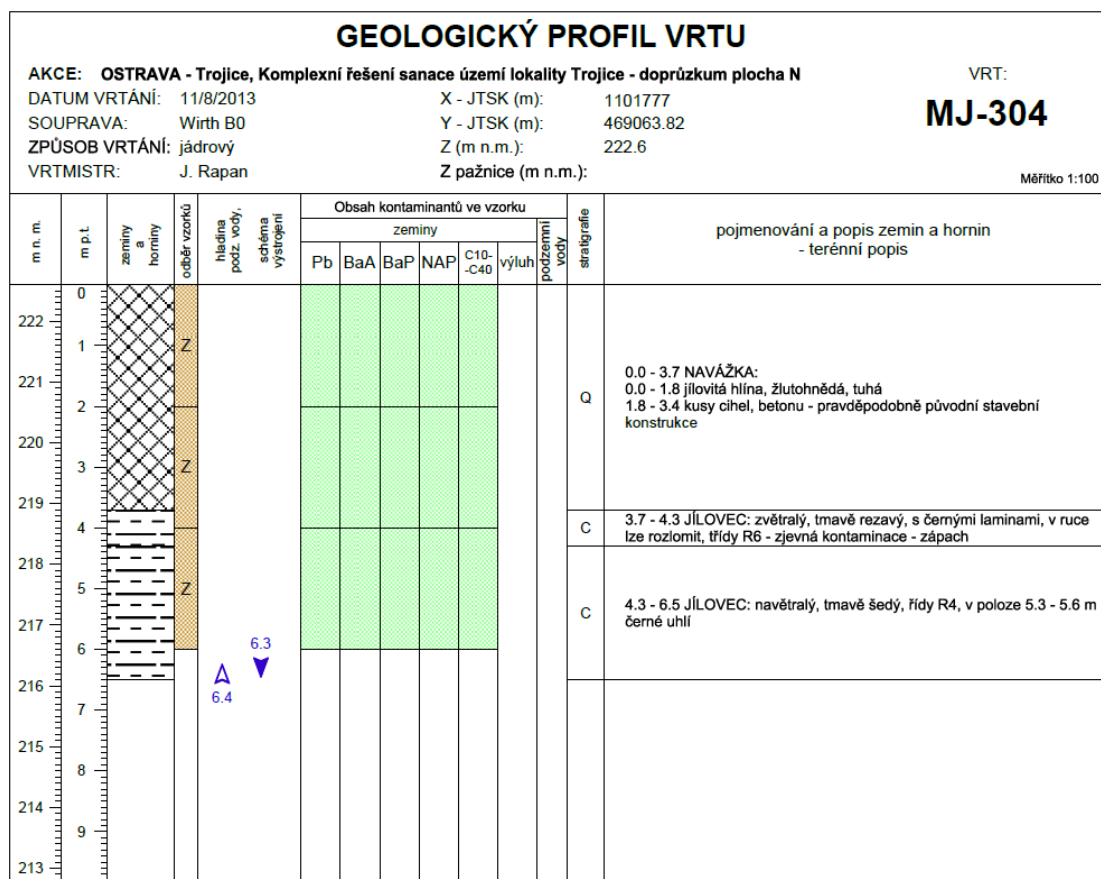
Obrázek 14 Geologický profil vrtu MJ - 301 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)



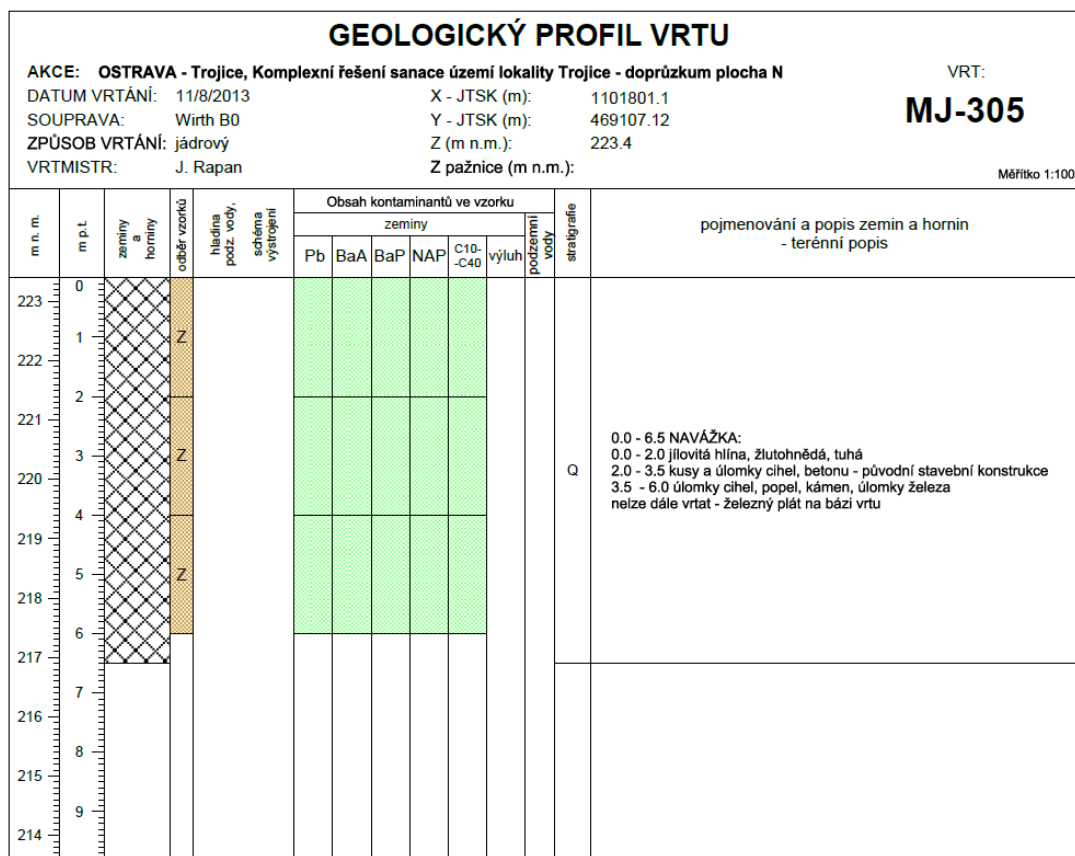
Obrázek 15 Geologický profil vrtu MJ - 302 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)



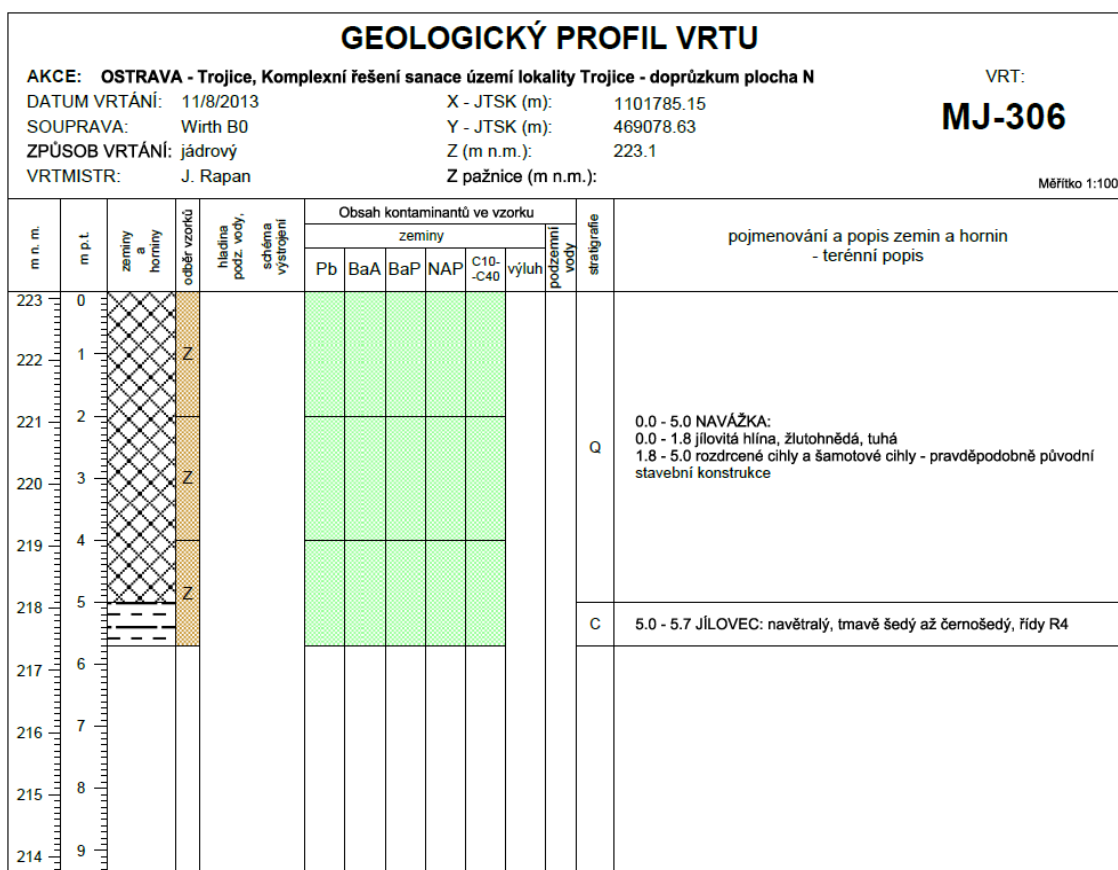
Obrázek 16 Geologický profil vrtu MJ - 303 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)



Obrázek 17 Geologický profil vrtu MJ - 304 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)



Obrázek 18 Geologický profil vrtu MJ - 305 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)



Obrázek 19 Geologický profil vrtu MJ - 306 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)

2.7 Odval Ema

Jak jsme již viděli na předchozích mapách zkoumané oblasti, tak do této oblasti patří i známý odval Ema.

2.7.1 Informace a parametry odvalu

Odval Ema je jedním z nejstarších úložných míst těžebního odpadu v Ostravské městské aglomeraci. Nachází se v blízkosti centra města a nedaleko Slezskoostravského hradu a v katastrálním území Slezské Ostravy. Na tomto odvalu jsou uloženy hlušiny a odpady z dnes již uzavřených dolů Petr Bezruč a Trojice. Nacházejí se zde běžné karbonské horniny, ale také se zde nachází

značné množství komunálního a domovního odpadu dále zde byly ukládány také sutě domů zničených válkou. Značná část tohoto odvalu je zčásti systematicky rekultivována, ale z části také pokrytá náletovou vegetací. Negativním faktorem tohoto odvalu je stálý výskyt termických procesů.

Objem odvalu je cca 8 mil. m³, rozloha: 32 ha. Odval byl v provozu v období od r. 1920 do r. 1995. Technologie dopravy odpadu byla různá, jeden ze způsobů byla úzkorozchodná kolej, dále se pak odpad dovážel auty a tahači, dále pak skipovým výtahem po svážné a také lanovkou z Dolu Trojice. Tvar odvalu je kuželový s nepravidelnou tabulovou plochou u jeho paty. [13] [14]



Obrázek 20 Pohled na odval Ema (Zdroj:

http://ostrava.idnes.cz/foto.aspx?foto1=STK3cbdee_ema.JPG)

2.7.2 Přírodní poměry

Z hlediska geomorfologického členění zařazujeme odval do vnějších západních Karpat, zde náleží do Ostravské pánve ve vněkarpatských sníženinách. Morfologie reliéfu je přizpůsobena původnímu tvaru Trojického údolí. Stávající stav odvalu je výsledkem terénních úprav. Trojické údolí je cca 1 200 m dlouhá deprese, jejíž osou protéká potok Burňa, který ústí cca 650 m od údolí do řeky Ostravice. Nadmořská výška odvalu se pohybuje od cca 234 m n. m. pod patou svahu a do cca 323 m n. m. na nejvyšším vrcholu odvalu. Původní dno údolí, a tedy i koryto potoka Burňa, je situováno pod úrovní povrchu odvalu a je zatrubněno. Pramen potoka Burňa se nachází cca 200 m pod JZ úpatím systému

dvou hald, z nichž halda Ema (odval bývalého Dolu Trojice) tvoří význačnou krajinnou dominantu města. Zatrubnění potoka Burňa probíhá areálem bývalé koksovny Trojice a končí v SZ výběžku areálu koksovny. Potok zde pod opěrnou zdí nad ulicí Těšínská, ústí na povrch a tvoří rozsáhlé mokřiny. Potok je dále sveden pod úroveň ulice a opět zatrubněn. [14]

2.7.3 Geologická stavba

Geologická stavba území je velice složitá a v horizontálním směru také velice proměnlivá. Geologicky nejstarší jednotkou jsou karbonské horniny, které jsou zde uloženy velmi mělce a na většině území se vyskytují v podobě zvětralého eluvia. J a JV výchozy údolí jsou tvořeny převážně rostlými skalními výchozy karbonu. Dále je na těchto horninách uložený třetihorní pokryvný útvar, jedná se o monotónní komplex šedozelených vápnitých jílu. Tyto jíly překrývají pouze severní partie lokality, resp. vystupují jako stavební člen severních údolních svahů a závěru údolí. Neogén byl zřejmě oderodován, protože zde chybí. Kvarterní pokryvný útvar je zde zastoupen řadou stratigraficky, geneticky i litologicky odlišných sedimentů. Stratigrafický sled začíná sedimenty sálského zalednění, které je prakticky rozšířeno na celém hodnoceném území. Jedná se o střídající se písky a hlíny se značnou faciální proměnlivostí. Další vrstevní jednotkou jsou sprašové hlíny, zachované pouze na S a SV okraji lokality. V nižších partiích svahů jsou zpravidla tyto hlíny nahrazeny deluviálními hlínami. Náplavové hlíny tvoří pokryv mladších erozních rýh ústících do údolí. Hlavním geologickým prvkem modelujícím původní přirozený tvar údolí v místě lokality do nynější podoby, je velmi mocná vrstva navážkových formací, která dosahuje místy mocnosti několika desítek metrů, jedná se o centrální kužel odvalu. [14]

2.7.4 Historie odvalu

Odval Ema tvoří komplex odvalů bývalých dolů Ema, Trojice a Petr Bezruč, respektive historicky ještě starších důlních děl. Jedná se o jeden z nejstarších odvalů na Ostravsku, který byl v provozu od roku 1920. Odval je nyní zařazen mezi kulturní památky. Jedná o svahový odval kombinovaný s odvalem kuželovým. Svah odvalu je vyvinut jen částečně, protože k jeho sypání docházelo

postupně po dílčích terénních úpravách původního podloží. S postupnou mechanizací těžby uhlí samozřejmě také narůstalo množství deponovaného materiálu. Odval se nachází v hornicky dlouhodobě využívané oblasti, proto existence stařin mnoha důlních děl připouští možnou komunikaci mezi nimi a odvalem. Dále zde bylo uloženo velké a dnes těžko zjistitelné množství komunálního a domovního odpadu, dále pak sutě válkou zničených domů, podle některých zdrojů se zde sypaly i piliny a výpěrky z úpraven, které na některých místech mohou činit až 15 %. [14]



Obrázek 21 Archivní snímek odvalu Ema r. 1962 (Zdroj: http://ostrava.idnes.cz/foto.aspx?foto1=JOG3cc490_Halda.jpg)

2.7.5 Termická aktivita odvalu

V současnosti jsou na odvalu viditelné projevy termické aktivity v pásu širokém cca 7 – 12 m těsně před vrcholem centrálního kužele na jeho JZ svahu. V půdním pokryvu se zde nacházejí otevřené praskliny - průduchy s výstupem horkých plynů se silným zápachem. V minulosti byla na odvalu zaregistrována termická aktivita cca od 60. let s přestávkami až do současnosti. Obsah spalitelných látek ve vzorcích se pohybuje okolo 6 - 22 %, což znamená možnost vzniku endogenního požáru. Byly zde zjištěny také obsahy CH₄ v půdním vzduchu. Koncentrace CO₂ se v půdním vzduchu pohybuje v rozmezí 0,2 – 2,6 %

a v místech otevřených průduchů až 9,7 %. Termická měření prokázala v hloubce 1 m teploty v rozmezí 17 – 21,8 °C s maximy v otevřených průduších (65,4 – 67,1 °C). O probíhajících termických procesech ve větších hloubkách na JZ svahu centrálního kužele svědčí pozorovatelný, ale nevýrazný nárůst teplot v místech zvýšených obsahů CO v půdním vzduchu. [13] [14]



Obrázek 22 Únik jedovatých plynů na vrcholu odvalu Ema (Zdroj: <http://ziva.avcr.cz/img/ziva/art2/lrg/vzacni-brouci-na-ostravskych-haldach-maji-rekultiv-9.jpg>)

2.8 Kontaminace

Jak už bylo uvedeno na začátku, celková kontaminovaná plocha na lokalitě je cca 2000 m².

V areálu dolu je kontaminace slabá v povrchových vodách nebyla zjištěna žádná kontaminace, v podzemních vodách byla zjištěna anorganická kontaminace a v zeminách rovněž nebyla zjištěna žádná kontaminace.

Větší kontaminace byla zjištěna v areálu bývalé koksovny. V povrchových vodách byla zjištěna anorganická ostatní a anorganická více nebezpečná kontaminace konkrétně NEL, v podzemních vodách byla rovněž zjištěna anorganická více nebezpečná kontaminace, BTEX, dále pak fenoly, kovy tato kontaminace je velmi nebezpečná a dále je zde ještě také kontaminace NEL a PAU. V zeminách byla v tomto místě zjištěna velmi nebezpečná kontaminace kovy dále pak NEL a organická kontaminace PAU. [15]



Obrázek 23 Kádě s kontaminacemi (foto: Slíva 2016)

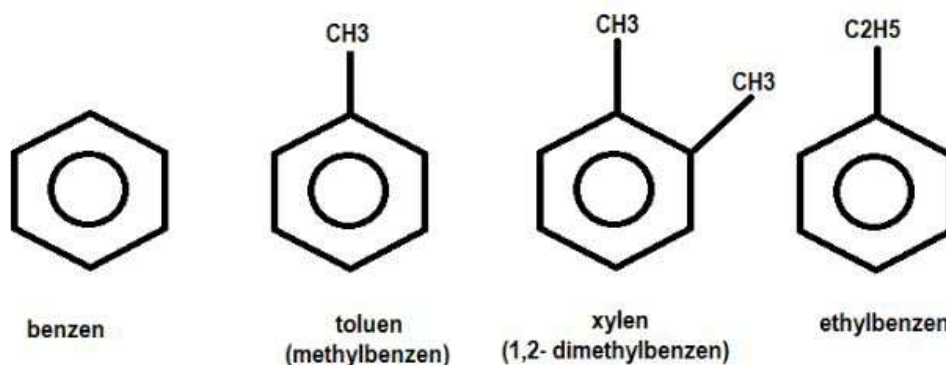
2.8.1 Rozdělení kontaminací

NEL (Nepolární extrahovatelné látky): Tento pojem je nadřazen pojmu „ropné látky“, a to proto, že obsahuje i látky nepocházející z ropy. Hlavní část těchto látek tvoří ropné látky. Když hovoříme o ropných látkách, tak mluvíme o směsi uhlovodíků, která je při teplotě + 40 °C ještě tekutá. Ropné uhlovodíky můžeme rozdělit to čtyř skupin. První skupinou jsou benzíny (směs uhlovodíků C_4 - C_{12}): Tyto látky obsahují alkany, izoalkany, cyklopentany, cyklohexany a benzen s jeho homology. Druhou skupinou jsou petroleje (směs uhlovodíků C_{12} - C_{18}): Tyto látky obsahují alkany, izoalkany, alkylnaftaleny, alkylbenzeny, dicykloalkany, tricykloalkany, kondenzované a nekondenzované PAU a vyšší aromatické uhlovodíky. Další skupinou jsou plynové oleje (směs uhlovodíků C_{16} - C_{24}): Při porovnání plynových olejů s petroleji je v plynových olejích zastoupeno větší množství cyklických a cykloaromatických uhlovodíků, ale méně nealkylovaných aromatických uhlovodíků a alkanů i izoalkanů. A poslední skupinou jsou mazací oleje (směs uhlovodíků C_{24} - C_{40}): Zde z uhlovodíků převládají alkylcykloalkany s několika krátkými a jedním delším alkylem. [16]

Vlastnosti NEL: Typickou vlastností minerálních olejů je velmi malá rozpustnost ve vodě. Váží se na organickou složku půd a to zejména na huminové látky, kde vytvářejí poměrně silnou vazbu. Ropné látky se vyskytují v nesaturované zóně ve čtyřech podobách: v prostorech pórů, sorbované na tuhé částice, rozpuštěné ve vodě nebo jako NAPL, což je označení pro plovoucí fázi na hladině vody. Většina složek ropných látek má hustotu nižší než voda, tím pádem se nejčastěji vyskytují jako plovoucí fáze tzv. LNAPL což je označení pro látky lehčí než voda, tudíž se vyskytují na její hladině. [16]

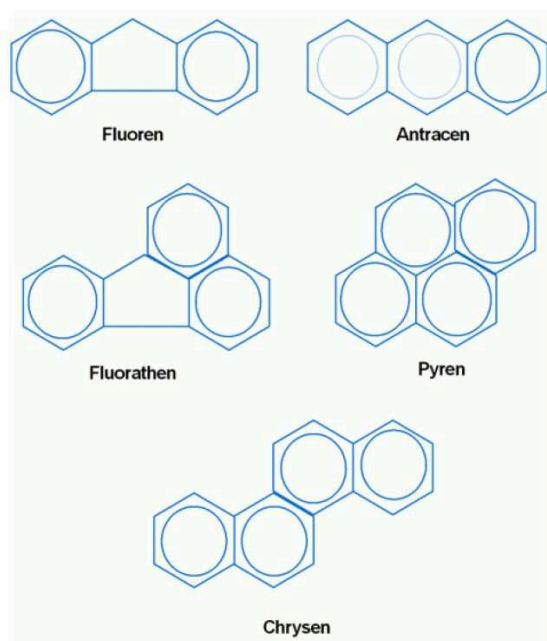
Limity pro znečištění NEL jsou uvedeny v metodickém pokynu znečištění zemin a podzemní vody MŽP ČR k zabezpečení zákona č.92/1992 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č.92/1991 Sb. o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby, kde jsou podle dalšího využití lokality limitní hodnoty v rozmezí 500 – 1000 mg/kg v sušině. [16]

BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen, xylen): BTEX je zkratka pro nepolární organické látky ze skupiny arénů. Nejběžnější z nich jsou právě benzen, toluen, ethylbenzen a xylen. Tyto sloučeniny jsou ze všech složek benzínu nejtěkavější, vypařují se již při nižším tlaku. Nejtěkavější z BTEX je xylen, následován ethylbenzenem, toluenem a nejméně těkavý z těchto čtyř látek je benzen. Sloučeniny BTEX jsou notoricky známé v důsledku kontaminace půdy a podzemních vod. Znečištění obvykle nastane v místech těžby ropy a zemního plynu, u čerpacích stanic a dalších oblastech s podzemními skladovacími nádržemi nebo nadzemními skladovacími nádržemi obsahující benzín nebo jiné ropné produkty. Sloučeniny BTEX mohou mít negativní účinky na centrální nervový systém člověka. [17] [18] [19]



Obrázek 24 Základní typy arénů (Zdroj: Kontaminační hydrogeologie autor O. Šráček, J. Datel, J. Mls, 2000)

PAU (Polycyklické aromatické uhlovodíky): Jedná se o složité aromatické uhlovodíky, které obsahují několik kondenzovaných benzenových jader. PAU jsou obsaženy v těžkých frakcích ropných látek a dále také vznikají při spalování odpadu za nízkých teplot. Skupina PAU je reprezentována 280 uhlovodíky, které jsou tvořeny minimálně 2 kondenzovanými benzenovými jádry. PAU patří k nejvíce rozšířeným organickým polutantům. Mezi základní zástupce PAU patří: fluoren, antracen, fluoranten, pyren a chrysen. [18] [16]



Obrázek 25 Základní zástupci PAU a jejich struktura (Zdroj: Ochrana půd K. Raclavský, H. Raclavská, D. Matýsek 2010)

PAU jsou na rozdíl od BTEX vyráběny synteticky a to ve velkém množství, vznikají především jako odpadní produkt při spalování uhlí, dřeva, oleje, nafty apod. Dále vznikají také při průmyslových procesech, jako jsou např.: výroba asfaltu, v plnárnách nebo při výrobě koksu. [16]

Kontaminace PAU se do půd dostává především z kalů ČOV, kompostu nebo ze vzduchu celkovou depozicí, kde jsou vázány na částice aerosolů. Jejich poločas rozpadu se pohybuje od 2 do 700 dnů. Poločasy rozpadu jednotlivých PAU v půdách jsou uvedeny níže v tabulce. [16]

Sloučenina	Střední poločas rozpadu (hod.)	Rozsah (hod.)
Naftalen	1 700 (2 měsíce)	1 000 – 3 000
Fenantren	5 500 (8 měsíců)	3 000 – 10 000
Anthracen	5 500 (8 měsíců)	3 000 – 10 000
Pyren	17 000 (2 roky)	10 000 – 30 000
Fluoranten	17 000 (2 roky)	10 000 – 30 000
Chrysen	17 000 (2 roky)	10 000 – 30 000
Benzo(a)anthracen	17 000 (2 roky)	10 000 – 30 000
Benzo(b)fluoranten	17 000 (2 roky)	10 000 – 30 000
Benzo(a)pyren	17 000 (2 roky)	10 000 – 30 000
Perylen	17 000 (2 roky)	10 000 – 30 000

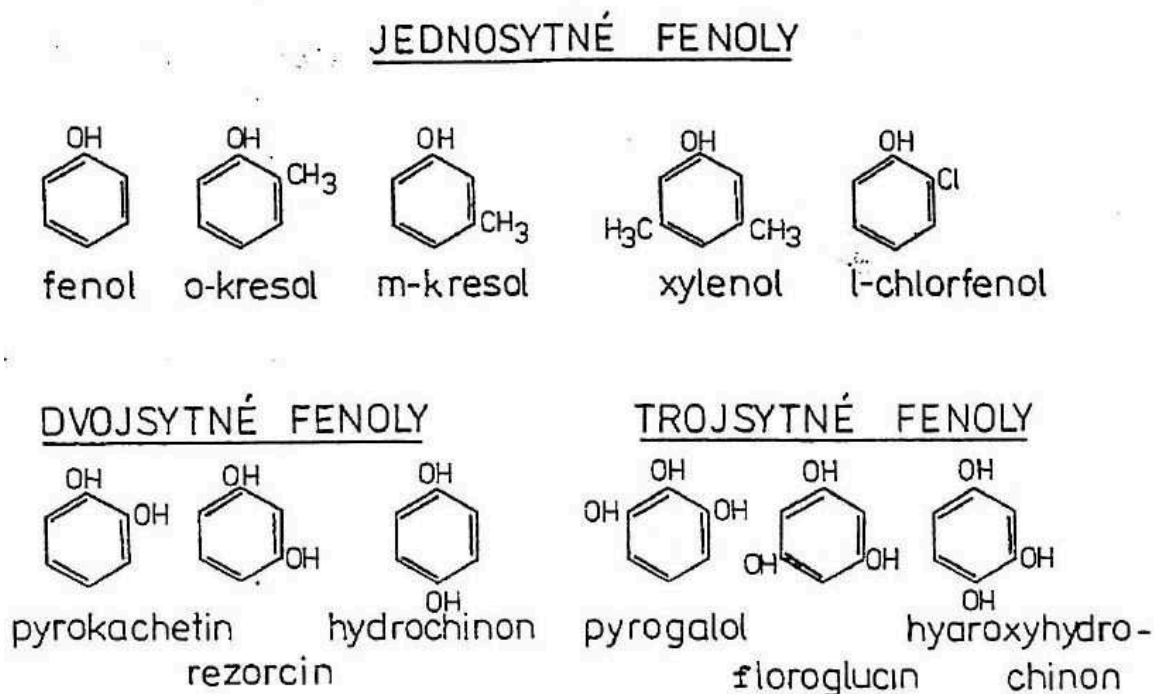
Tabulka 1 Poločasy rozpadu PAU (Zdroj: Ochrana půd K. Raclavský, H. Raclavská, D. Matýsek 2010)

Toxicita PAU: Díky jejich lipofilnímu charakteru se kumulují v potravním řetězci. Akutní toxicitu nevykazují, ale některé z nich jsou kancerogenní (např. benzo(a)pyren). Právě jejich kancerogenita je nejzávažnějším toxikologickým aspektem PAU, ovšem ne všechny látky mají tyto negativní účinky a proto byla zkoumána jejich toxicita v závislosti na jejich chemické struktuře. Z toxikologických studií vyplývá, že jejich karcinogenita stoupá společně s počtem benzenových jader a maxima dosahuje u uhlovodíků s pěti kondenzovanými benzenovými jádry a dále u PAU s vyšším počtem jader naopak zase klesá. [16]

Fyzikální a chemické vlastnosti PAU: Obvykle se mění zároveň s jejich molekulovou hmotností. S jejím vzrůstem klesá tenze par a rozpustnost ve vodě, naopak bod tání, bod varu a K_{ow} . Jejich reaktivita je závislá na počtu a uspořádání kondenzovaných jader, ovšem jejich reaktivitu ovlivňují také vnější faktory prostředí např. světlo, teplo, voda, ozón atd. [16]

Fenoly: Jako fenoly nazýváme deriváty aromatických uhlovodíků, na jejichž benzenové jádro je navázána jedna nebo více hydroxylových skupin OH. Fenoly se mohou vyskytovat přirozeně jako části těl rostlin např. kůra, listí apod. Jako kontaminant jsou ovšem součástí splaškových vod a také jako součást průmyslových odpadních vod (zpracování uhlí a ropy). Jejich škodlivost spočívá jak v zabarvení vody, tak v jejich toxicitě, která se projevuje až při vysokých koncentracích. Fenoly se dostávají do odpadních vod při výrobě celulosy jako

přírodní součást dřeva. Fenoly jsou biologicky velmi těžko rozložitelné látky, způsobují zbarvení vod do hněda a jejich pění. Z vody se fenoly odstraňují jen velmi obtížně. [18]

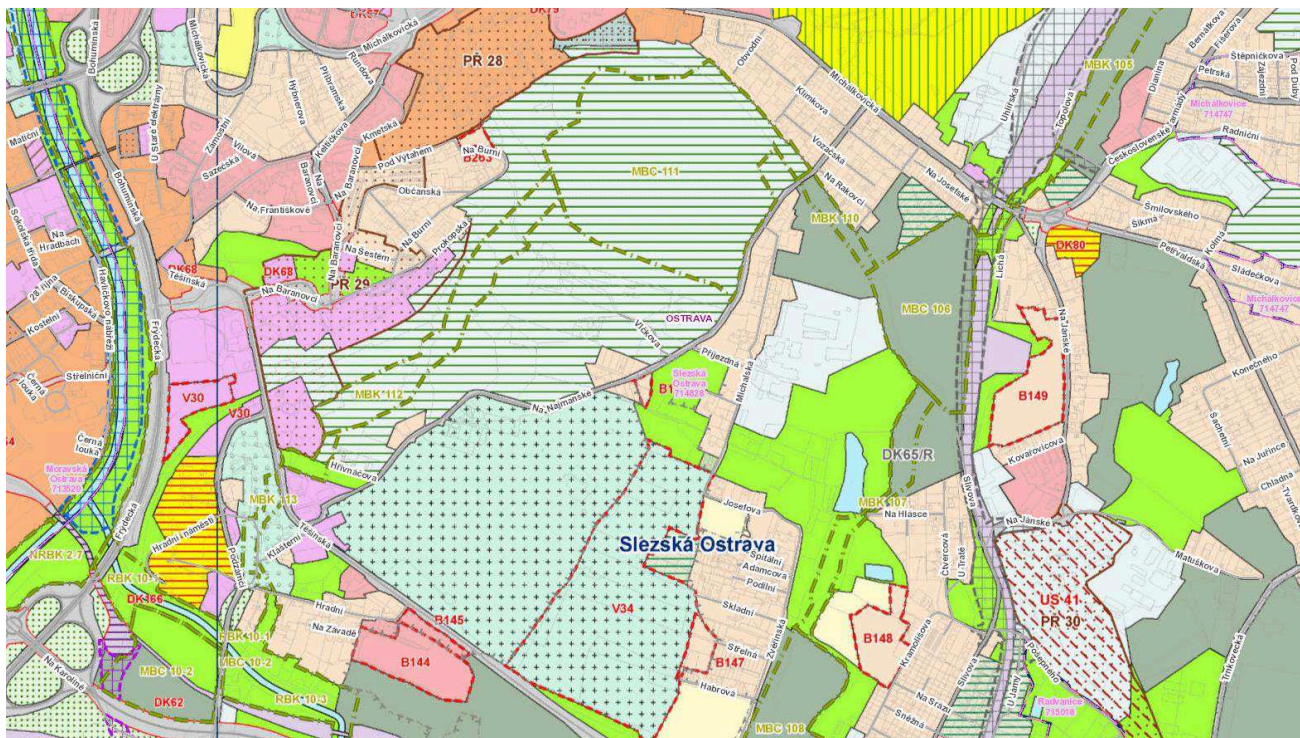


Obrázek 26 Přehled některých fenolů (Zdroj: Kontaminační hydrogeologie autor O. Šráček, J. Datel, J. Mls, 2000)

2.9 Hodnocení oblasti z hlediska brownfields

2.9.1 Hodnocení dle územního plánu


O vlastnických vztazích tohoto brownfieldu je napsáno již výše, tento objekt má několik vlastníků, z toho důvodu se tento objekt jeví jako problémový, podle územního plánu je značná část objektu určena jako skládka průmyslových odpadů a území vhodné k rekultivaci, další části v naší sledované lokalitě jsou jako krajinná zeleň a další část území a jedná se především o areál bývalého dolu trojice je určeno jako ostatní plocha a neúrodná půda. Dále se podle územního plánu v naší lokalitě nachází také územní systém ekologické stability.



Obrázek 27 Výřez z územního plánu (Zdroj: <http://www.msk.cz/cz/mapy/uzemni-plany-obci-58306/>)

PLOCHY S ROZDÍLNÝM ZPŮSOBEM VYUŽITÍ

	bydlení v rodinných domech		DK161 plochy tramvajové dopravy - návrh
	bydlení v bytových domech		plochy pozemních komunikací (včetně tramvajového pásu)
	sport		DK10 plochy pozemních komunikací (včetně tramvajového pásu) - návrh
	volný čas		plochy ostatní dopravy
	volný čas - ZOO		DK22 plochy ostatní dopravy - návrh
	individuální rekreace - chaty		skládka průmyslového odpadu - rekultivace les
	individuální rekreace - zahrady		skládka průmyslového odpadu - technická rekultivace
	občanské vybavení		těžký průmysl
	občanské vybavení - střední a vysoké školy		lehký průmysl
	občanské vybavení - zdravotnictví		plochy technické infrastruktury
	hřbitovy		plochy zemědělské výroby
	parky		plochy vodní a vodohospodářské
	veřejná prostranství		orná půda
	plochy smíšené - bydlení a občanské vybavení		lesy
	plochy smíšené - bydlení a služby		louky
	plochy smíšené výrobní - lehký průmysl a občanské vybavení		krajinná zeleň
	plochy železniční dopravy		ochranná zeleň
	DK14 plochy železniční dopravy - návrh		
	plochy tramvajové dopravy		

	zastavěné území	MAPOVÝ PODKLAD	
	zastavitelné plochy		hranice města Ostravy
	plochy k prověření územní studii		hranice katastrálních území
	plochy přestavby		hranice parcel
	územní rezervy pro zástavbu městského charakteru		územní systém ekologické stability
	územní rezerva pro silniční dopravu		významné pozemní komunikace
	územní rezerva pro silniční dopravu - tunel		významné železniční tratě
	územní rezerva pro železniční dopravu		průplavní spojení Dunaj - Odra - Labe
	územní rezerva pro ostatní dopravu		
	územní rezerva pro protipovodňové opatření		
	zrušená část ÚPO		

Obrázek 28 Legenda k mapě výřezu z územního plánu (Zdroj: <http://www.msk.cz/cz/mapy/uzemni-plany-obci-58306/>)

2.9.2 Kategorizace brownfieldu

Jedná se o typický průmyslový brownfield. Dle mého názoru se tato lokalita nachází někde mezi kategoriemi B a C, ale spíše spadá do skupiny C, při hodnocení podle ABC modelu. A to z toho důvodu, že část budov areálu je již zrekonstruovaná a využívá se, jak je psáno výše jako skladové prostory, ale na druhou stranu obrovská část území není nijak ekonomicky využita, dále se zde nacházejí četné kontaminace v oblasti bývalého dolu, které je v případě dalšího využívání nutno odstranit. Na druhou stranu je zde odval Ema, který patří mezi dominanty města Ostrava a značná část obyvatel zde chodí na procházky. Z toho důvodu si myslím, že tuto oblast lze poměrně úspěšně zrekultivovat, ale nějaký závatný ekonomický růst tato oblast mít nebude, spíše vidím její budoucí využití jako nějakého přírodního parku s vyhlídkou, který budou navštěvovat jak stálí obyvatelé Ostravy tak také turisté, kteří zde přijedou poznávat krásy města a připomenout si hornickou minulost tohoto města. Každopádně do rekultivace tohoto území do podoby využívaného celku je potřeba nemalých finančních prostředků, tudíž bych cestu viděl směrem přes dotace EU a zcela jistě zde bude muset být také nemalá podpora soukromé sféry. Nicméně je zde možnost, že se tato oblast stane časem vítaným místem k návštěvě, což by Ostravě prospělo.

3 Fluviální eroze

Vodní eroze je jev vyvolávaný kinetickou energií dešťových kapek, které dopadají na půdní povrch a dále mechanickou silou povrchové a stékající vody. Z dlouhotrvajících nebo přívalových srážek vzniká povrchový odtok, ten vzniká dále také ze sněhových vod nebo také koncentrací vody v hydrografické síti ať už přirozené nebo umělé. Voda mořská, rybníční a jezerní způsobuje erozi pobřeží. Mechanickou i chemickou erozi vyvolávají také podzemní vody. [20] [21]

Vodní erozi dělíme na mechanickou tu nazýváme koraze, chemickou ta se nazývá koroze, dalším typem eroze je evorze ta vzniká krouživým pohybem vody s následným vymíláním hornin a poslední typ se nazývá abraze a zde jde o obroušování skalního podkladu na dně moří, jezer a vodních toků. [20]

3.1 Formy povrchové fluviální eroze

3.1.1 Plošná fluviální eroze

Jedná se o jev, kdy je smývána a rozrušována půdní hmota na celé ploše daného území. Prvním stupněm je tzv.: selektivní eroze, při které jsou jemné půdní částice a chemické látky na ně vázané odnášeny při povrchovým odtokem, tím dochází ke změně textury půdy a také obsahu živin v ní. Půdy podléhající tomuto typu eroze se stávají hrubozrnnějšími a naopak půdy, které jsou obohaceny smyvem, se stávají jemnozrnnějšími a jsou bohatší na živiny. Selektivní eroze probíhá pozvolně a nezanechává viditelné stopy, selektivní erozi lze zjistit z akumulací jemnozrnných materiálů v dolních částech svahu. Plošná selektivní eroze způsobuje nestejný vývoj vegetace, projevující se rozdílnou barvou, kvalitou a rozdílným růstem v částech svahu, v nichž došlo ke smyvu částic. V tabulce níže nalezneme klasifikaci tohoto druhu eroze. [20] [21] [22]

Stupeň	Intenzita odnosu půdy erozí (mm/rok)	Hodnocení eroze
1	Do 0,05	nepatrná
2	0,05 - 0,5	slabá
3	0,5 - 1,5	střední
4	1,5 - 5	silná
5	5 - 20	velmi silná
6	Nad 20	katastrofální

Tabulka 2 Klasifikace škodlivosti plošné fluvialní eroze podle intenzity odnosu (Zdroj: www.cvut.cz)

3.1.2 Výmolová fluvialní eroze

Jedná se o jev, kdy soustředěná povrchově stékající voda vyrývá mělké a postupně se prohlubující zářezy do půdního povrchu. Výmolovou erozi dělíme na rýžkovou a brázdovou. Vznikem drobných a úzkých zářezů tvořících na postižených svazích hustou síť se vyznačuje rýžková eroze. Eroze brázdová se vyznačuje vznikem širších, zato mělkých zářezů, jejich hustota je nižší než u předchozího typu. Oba tyto typy eroze obvykle postihují velkou část svahu, který po celé jeho ploše rozrušují. V přiložené tabulce vidíme klasifikaci tohoto druhu eroze. [20] [21]

Stupeň	Délka erozních rýh (km/km ²)	Hodnocení eroze
1	Pod 0,1	nepatrná
2	0,1 - 0,5	slabá
3	0,5 - 1,0	střední
4	1,0 - 2,0	silná
5	2,0 - 3,0	velmi silná
6	Nad 3,0	vyjimečná

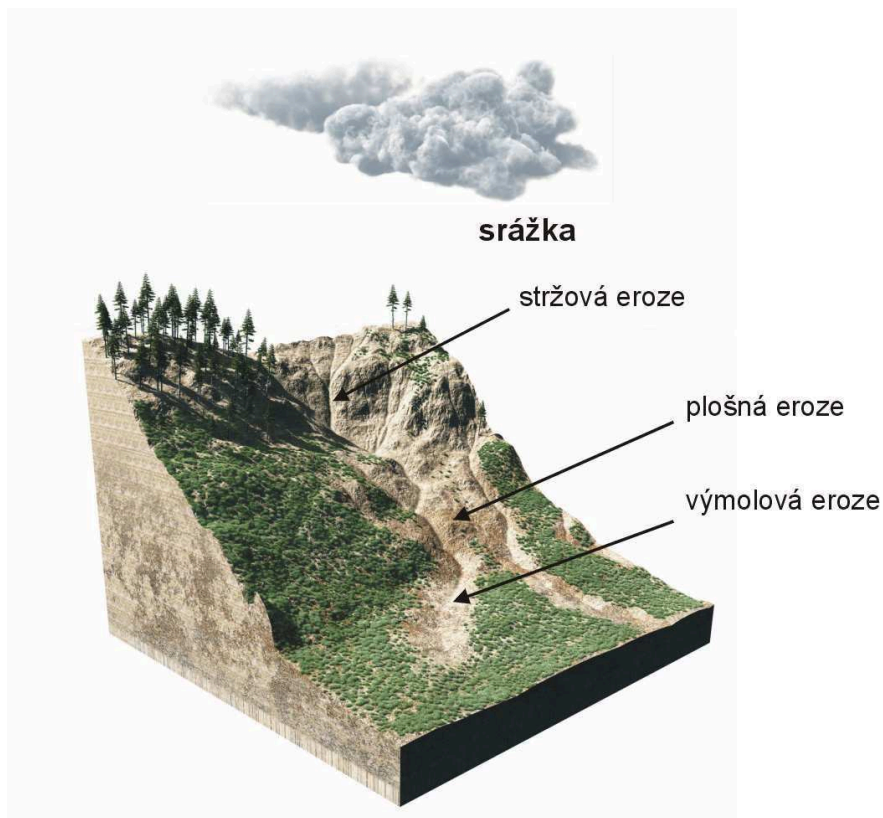
Tabulka 3 Klasifikace škodlivosti výmolové eroze podle délky erozních rýh (www.cvut.cz)

3.1.3 Proudová fluviální eroze

Tento typ eroze probíhá ve vodních tocích díky působení vodního proudu. Máme dva typy této eroze dnovou, ta vzniká v případě, je-li proudem rozrušováno pouze dno vodního toku, dalším typem této eroze je eroze břehová, ta vzniká v případě, je-li proudem rozrušován břeh vodního toku. Projevy tohoto typu eroze můžeme nejvíce vidět na bystřinách nesoucích velké množství splavenin. [20] [21]

3.2 Mechanismus fluviální eroze

Jde o vzájemnou interakci jednotlivých erozních faktorů vyvolávajících erozní proces. Fluviální eroze je velmi složitý proces ovlivňovaný komplexem jak přírodních tak antropogenních faktorů. Zjednodušeně můžeme říct, že se jedná o mechanické rozrušování povrchu kinetickou energií deště s následným transportem částic půdy. [21] Na přiloženém obrázku můžeme vidět zjednodušeně mechanismus fluviální eroze.



Obrázek 29 Zjednodušené schéma mechanismu fluviální eroze (Unucka 2010)

Při srážkových erozních procesech jsou hlavním činitelem především srážky, které vytvářejí povrchový odtok. K tomu dojde v případě, kdy intenzita srážek překročí vsakovací schopnost půdy. Právě intenzita srážek představuje nejvýznamnější vlastnost při vztahu k erozi. Na intenzitě srážek závisí jejich kinetická energie, s rostoucí intenzitou srážek je zvýšena i schopnost rozrušování půdních agregátů a uvolňování půdních částic. Dalším z důležitých činitelů je úhrn srážek, ten musí být dostatečný k tomu, aby vznikl dostatečný odtok způsobující odnos půdních částic. Transport těchto částic způsobí energie odtékající vody. V okamžiku, kdy tato energie klesne pod danou hranici, tak dojde k sedimentaci transportovaných částic. K sedimentaci dochází především v místech, kde se zmenší sklon reliéfu nebo tam, kde se zmenší velikost povrchového reliéfu. [21]

3.3 Intenzita fluvialní eroze

Intenzitu eroze obvykle vyjadřujeme odnosem půdy v hmotnostních jednotkách za jednotky plochy a za jednotku času. Podle intenzity dělíme erozi na normální a abnormální nebo - li zrychlenou. [20]

Smyv půdy [t.ha⁻¹.rok⁻¹]	Ohrožení vodní erozí
Do 1,5	Velmi slabé
1,6 - 3	Slabé
3,1 - 4,5	Střední
4,6 - 6	silné
6,1 - 7,5	Velmi silné
7,5 a více	extrémní

Tabulka 4 Klasifikace ohrožení fluvialní erozí (eroze.sweb.cz)

3.3.1 Normální intenzita fluvialní eroze

Při normální intenzitě probíhají erozní procesy s nízkou intenzitou, přičemž ztráta půdních částic je zároveň doplňována tvorbou nových částic z původního podkladu. Původnímu profilu se nesnižuje mocnost, avšak mění se zrnitostní složení vrchního půdního horizontu, ten se stává hrubozrnnějším. Patří zde i eroze sezónní, která se projevuje především v oblasti v sezóně, v níž je půda méně erozně chráněna plodinou. Tento typ eroze se projevuje snížením úrodnosti půdy. Dále zde patří také mikroeroze, při které dochází k přemístění půdních částic na malé vzdálenosti. Mikroeroze se projevuje nestejnou sklizně. [20] [21]

3.3.2 Zrychlená intenzita fluvialní eroze

Půdní částice se při tomto typu eroze smývají v tak velkém rozsahu, že nemohou být nahrazovány půdotvornými procesy z půdního podkladu, důsledkem je tvorba ostře modelovaného povrchu území. [23] [21]

Intenzita, která se nachází na hranici mezi normální a zrychlenou erozí nazýváme vyrovnanou (přípustnou). Při tomto jevu je ztráta půdy kompenzována tvorbou půdy nové. Tvorba půdy v našich podmínkách je cca 0,1 mm nové půdy za jeden rok. [23]

3.4 Důsledky fluvialní eroze

3.4.1 Ztráta půdy

Jedná se o jeden z nejzávažnějších erozních problémů. Postihuje především zemědělství, ztráta je trvalá. I po vytěžení uložených sedimentů se na původní pozemek půda vrací pouze výjimečně. Tento jev se vyskytuje bohužel ve velkém měřítku. Následkem smyvu půdních částic při intenzivních srážkách se obnažuje podklad, dochází ke změně zrnitosti půdy směrem po svahu. V horních částech svahu je poté hrubozrnnější materiál a v částech dolních je materiál jemnozrnný a

jak známo tak hrubozrnný materiál vysychá mnohem rychleji než materiál jemnozrnný. [21] [24]

3.4.2 Transport a sedimentace částic

Půdní částice uvolněné stékající vodou jsou dále ukládány na úpatí svahu. Tento jemný materiál je dále pak transportován vodou o hydrografické síť. Tyto splaveniny dále zanášejí umělé i přirozené vodní toky, nádrže a stavby na vodních tocích. Dalším problémem je zanášení koryt vodních toků a následné snižování jejich hloubky. V důsledku toho stoupá dno a důsledkem stoupání dna je stoupání hladiny a s tím spojené zamokření okolních pozemků. Vodními toky transportované částice dále také zanášejí dna vodních nádrží, čímž se snižuje jejich kapacita což, může dosahovat až 5 % jejich objemu. [21] [24]

3.4.3 Transport chemických látek

S půdními částicemi je odnášeno také velké množství živin, ale také různých pesticidů, chemikálií nebo kontaminací v půdě obsažených. Tyto jsou pak transportovány dále do vodních toků, odkud mohou být šířeny dále, největší negativní dopady toto může mít zejména při povodňových situacích. [21]

3.5 Ochrana proti fluvialní erozi

Při dnešní stále více se rozvíjející ekonomické aktivitě společnosti je protierozní ochrana nezbytná. Jejím úkolem je chránit dva nejcennější zdroje: půdu a vodu a bránit jejich poškozování, což by mohlo mít zásadní vliv na národní hospodářství, zejména pak na zemědělství a vodní hospodářství. [20] [21]

Základním požadavkem na protierozní opatření je komplexnost. Jde o soubor protierozních opatření, které je nutno sladit s požadavky vodního hospodářství, zemědělské výroby, dopravy, průmyslu a dalších odvětví, tak aby se dosáhlo ideálního efektu i nezbytné ochrany půdního fondu a vodních zdrojů. [20] [21]

3.5.1 Vegetační a agrotechnická protierozní opatření

Tento typ opatření má v protierozní ochraně zásadní význam. Výrazným kladem tohoto opatření jsou nízké náklady na provedení. Dělí se na opatření na orné půdě, na trvalých travních porostech a ve speciálních kulturách. [20] [21]

Opatření na orné půdě tento typ opatření spočívá hlavně v přípravě vhodných podmínek pro optimální sklizeň, zlepšení odolnosti půdy vůči působení vody a větru, avšak také musí umožnit vsak vody do půdy a dále pak vytvořit vhodné předpoklady k neškodnému odtoku srážkové vody po povrchu území a zabezpečit zásobování vodou.

Opatření ve speciálních kulturách u nás v ČR jsou nejvíce rozšířené speciální kultury ovocné sady a vinice. Podle daných směrnic se doporučuje protierozní směr výsadby, zatravnění meziřadí, pěstování krátkodobých porostů v meziřadí, zatravnění meziřadí, mulčování půdy, důlkování povrchu půdy a herbicidní úhor. [20] [21]

3.5.2 Technická opatření proti důsledkům plošného povrchového odtoku

Tento typ opatření zmenšuje intenzitu erozních procesů působením na dva základní morfologické činitele a to na sklon a délku svahu a dále také vytvářejí vhodné podmínky pro přeměnu odtoku povrchového v odtok podzemní. [20] [21]

Pro tento typ opatření můžeme použít systém členění dle V. Sedláka, který tato opatření shrnuje do sedmi základních systému s dalšími třiceti typy a podtypy. [20] [21]

Systém č. 1 - vsakovací pásy s typem travním a křovinným, jeho podtypy: vsakovací pásy plynulé, s průlezy a s příkopy.

Systém č. 2 - obdělávatelné průlehy s typem paralelním a vrstevnicovým v některých případech doplněným objekty pro omezení podélného pohybu vody.

Systém č. 3 - záchytné příkopy s typem otevřených příkopů, nezpevněných a zamřížovaných, podtypy příkopů vsakovacích a odváděcích.

Systém č. 4 - protierozní hrázky s přejezdným typem a s nepřejezdným podtypem vsakovacím a odváděcím.

Systém č. 5 - stupňovité terasy s typem zděných a zemních teras a terasových dílců a s podtypy teras podle šířky a uspořádání.

Systém č. 6 - odvodňovací stavby.

Systém č. 7 - protierozní nádrže. [20] [21]

4 Empirické zhodnocení odtokových a erozních poměrů

V této kapitole se pokusím zhodnotit dané poměry na základě vlastní návštěvy lokality a také na základě informací uvedených v předchozích kapitolách a také pomocí GIS.

4.1 Hodnocení poměrů podle charakteru půd

Podle pedologické mapy, která se nachází v kapitole 2.5 Pedologie, se v naší oblasti nacházejí kambizemě a to konkrétně kambizemě modální (KAm), v oblasti s těmito půdami není důvod k erozi, protože oblast je spíše rovinatá a poměrně dobře zalesněná.

V blízkosti kambizemí se nacházejí pseudogleje a to konkrétně pseudoglej modální (PGm), pro kterou je typické periodické provlhčení dále PGm patří mezi málo úrodné půdy. Tento typ půdy se nachází v místě bývalé koksovny, kde v minulosti byl svah, který byl odstřelen za účelem vybudování právě koksovny, a v místě uříznutí svahu byla postavena cihlová opěrná zeď, na které se už značně podepisuje „zub času“. Svah nad opěrnou zdí je zjevně postižen erozí, což je patrné pouze pohledem na svah, kde se viditelně projevuje ploužení, což je druh sesuvu půdy klasifikován jako dlouhodobý a obvykle nezrychlující se pohyb, při kterém rychlost pohybu horninových hmot dosahuje hodnot řádově milimetry až centimetry za rok. Hranice mezi pevným podložím a pohybujícími se hmotami bývá nezřetelná. Ploužení se dále dělí na povrchové a hlubinné v našem případě

jde o povrchové ploužení, které ovlivňují sezónní klimatické změny. Ploužení se projevuje slézáním svahových hlín, sutí a hákováním vrstev. [25] Vliv ploužení můžeme rozpoznat pohledem na nakloněné kmeny stromů typické právě pro erozi půdy. Což vidíme na přiložených fotografiích.



Obrázek 30 Již značně poničená opěrná zeď svahu (foto: Slíva 2016)



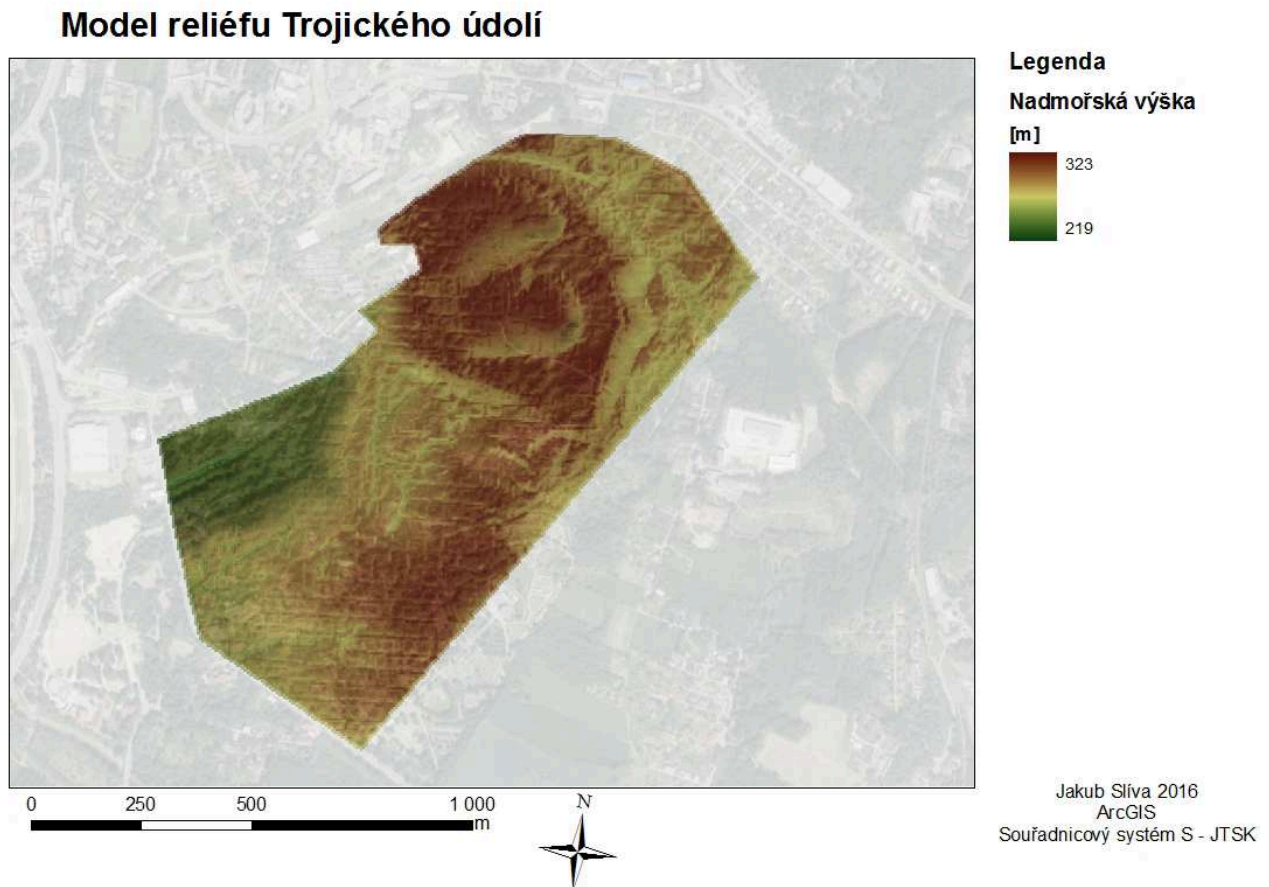
Obrázek 31 Znamky eroze na stromech (foto: Slíva 2016)

Dalším typem půd v oblasti jsou luvizemě, konkrétně luvizem oglejená (LUg), které se nacházejí v těsné blízkosti odvalu Ema v těchto místech na luvizemích, je patrná jenom velmi mírná známka eroze, tato oblast není příliš svažité a je pokryta převážně březovým lesem a náletovou zelení.

Dalším půdním prvkem je antropozem, která v podstatě tvoří celý odval Ema a značnou část Trojického údolí. U antropozemí je velký problém v tom, že vlastně nevíme, co všechno se může v podloží nacházet a jak se bude antropozem chovat z hlediska odtokových a erozních poměrů. V antropozemi se skrývá různý důlní a jiný odpad. Navíc na odvalu Ema stále probíhají jisté termické procesy, což komplikuje modelování odtoků a to z důvodů odparu srážek. Nicméně na Severovýchodní až Východní části odvalu je od pohledu patrná eroze půdy, můžeme ji poznat opět podle naklonění zde rostoucích stromů.

4.2 Hodnocení daných poměrů za pomoci GIS

Pro toto hodnocení jsou použity mapy vytvořené programem ArcGIS. Na těchto mapách si lépe představíme tvar reliéfu celého Trojického údolí a také sklony svahů, které nám společně s již zmíněnou půdní mapou napoví, jak by mohly vypadat erozní a odtokové poměry.

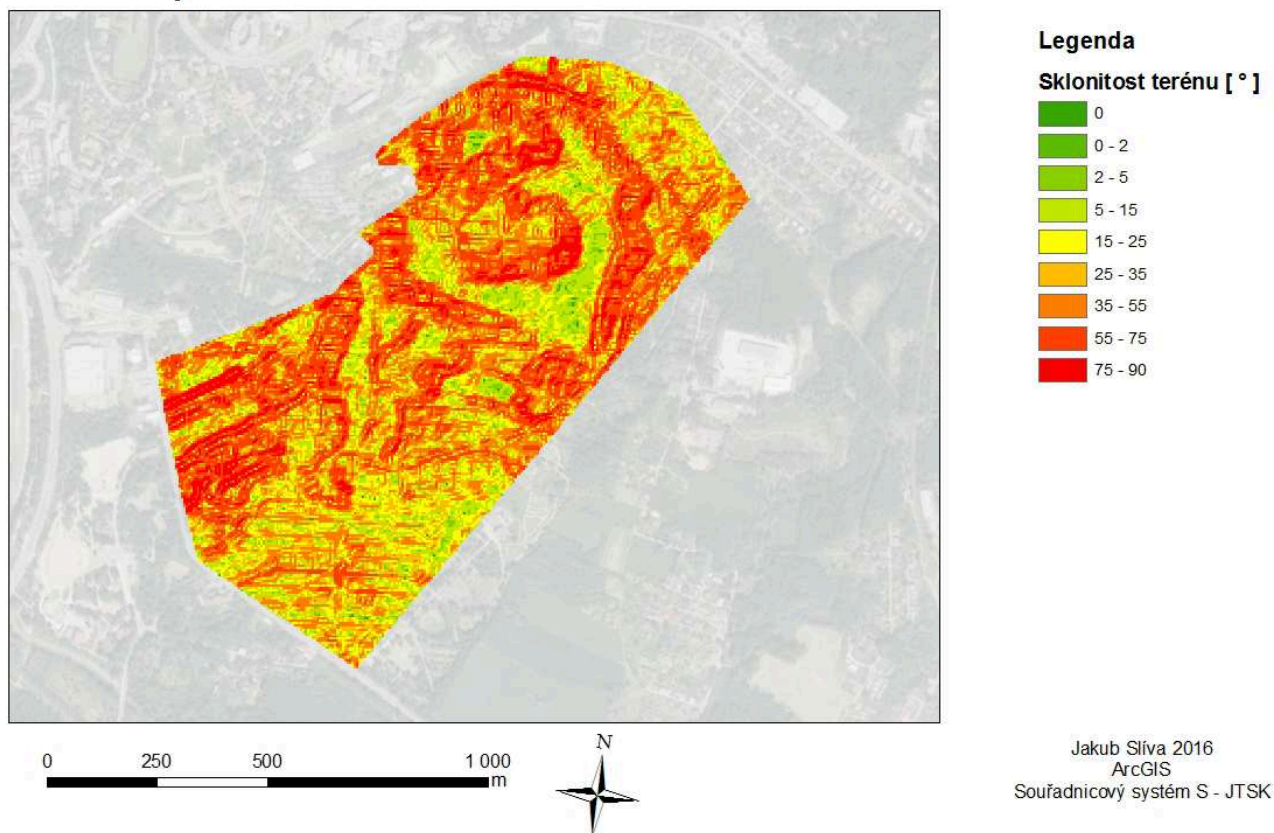


Obrázek 32 Model reliéfu Trojického údolí (Zdroj dat: ČHMU)

Na stínovaném modelu reliéfu vidíme, jak skutečně vypadá Trojické údolí, můžeme zde vidět také výškový rozdíl mezi počátkem údolí od Těšínské ulice a odvalem Ema a vedle něj Severozápadně ležící stolový odval dolu Petr Bezruč. A také jejich výškové rozdíly. Dále vidíme údolí vytvořené mezi jednotlivými odvaly, což nám napovídá kudy by mohly stékat případné srážky. Dále na modelu můžeme vidět svah, který podepírají ony již výše zmíněné opěrné zdi. Tento svah, jak je také výše zmíněno, je tvořen Kambizeměmi a podléhá erozi.

Další mapou je mapa sklonitosti terénu v údolí.

Mapa sklonitosti terénu



Obrázek 33 Mapa sklonitosti terénu Trojického údolí (Zdroj dat: ČHMU)

Na mapě sklonitosti terénu můžeme vidět, že v oblasti se nacházejí i velmi strmé stěny a to převážně na Východní straně odvalu Ema, kde je také patrná erozní činnost. Ovšem ne jen zde jsou takhle strmá místa. Obecně v údolí vidíme mnoho velmi strmých míst se sklonem od 35° až po sklon větší než 80°. Dá se předpokládat, že většina těchto velmi strmých míst bude postižena vodní erozí. Níže je přiložena kategorizace svahů podle sklonu.

Kategorie sklonu svahů	Sklon svahu
Rovina	0 - 2°
Mírně skloněné	2 - 5°
Značně skloněné	5 - 15°
Příkře skloněné	15 - 25°
Velmi příkře skloněné	25 - 35°
Srážy	35 - 55°
Stěny	Více než 55°

Tabulka 5 Kategorizace svahů podle sklonu (Zdroj: geologie.vsb.cz)

5 Srážkoodtokové procesy a jejich modelování

5.1 Srážkoodtokový proces

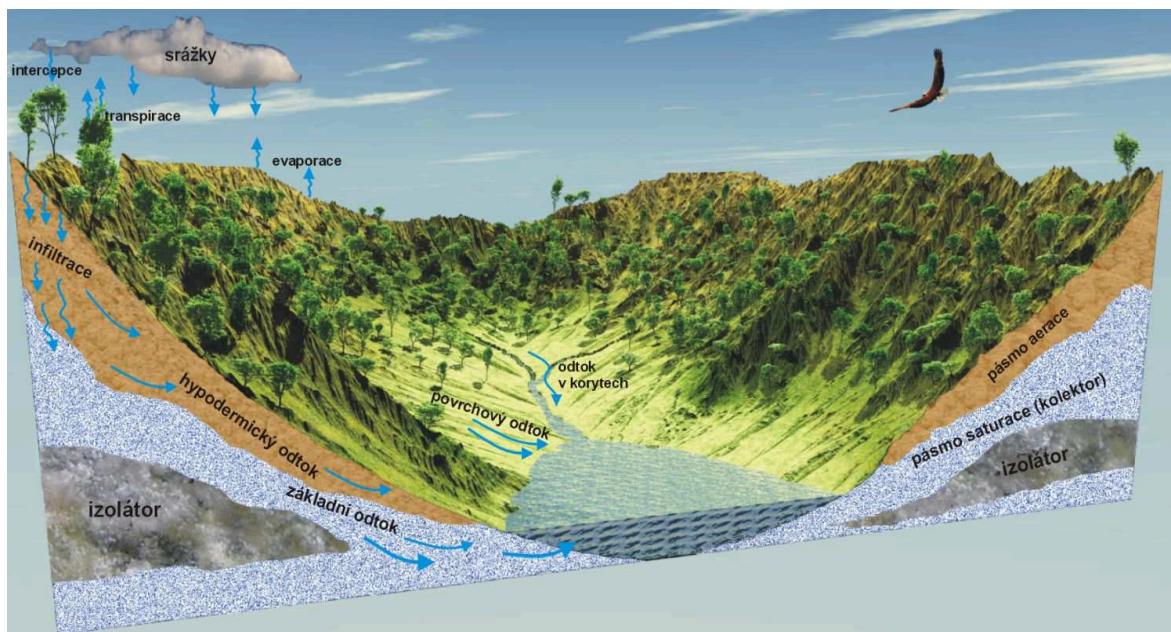
Pojmem srážkoodtokový (dále jen S-O) proces se rozumí postupná transformace srážky dopadající na povodí až na odtok vody uzávěrovým profilem povodí. Tento proces je ovlivněn celou řadou činitelů. Jedná se především o klimatické činitele, mezi které patří právě časový a prostorový průběh spadlé příčné srážky, výpar, vlhkost ovzduší, teplota ovzduší, rychlost větru, směr větru, atmosférický tlak apod. Další skupina jsou geografické činitele, mezi které patří: velikost, plocha, střední nadmořská výška, reliéf, říční síť, vegetační pokryv a hydrogeologické poměry apod. [26]

5.1.1 Složení srážkoodtokového procesu

S-O proces se skládá ze dvou dílčích transformací. První hydrologická transformace, při jejímž průběhu jsou od srážky dopadající na povodí postupně odečítány hydrologické ztráty, mezi něž patří: ztráta výparem (evapotranspirace),

ztráta navlháním, ztráta vlivem intercepce (zdržování vody na povrchu vegetace), ztráta povrchovou retencí a infiltrační ztráta (infiltrace vody do půdy). [26]

Druhou transformací rozumíme hydraulickou transformaci, kdy se plošný povrchový odtok koncentruje v ronových a erozních rýhách a následně se koncentruje v říční síti až na odtok uzávěrovým profilem. Část celkového odtoku tvoří také podzemní odtok. [26]



Obrázek 34 Schéma srážkoodtokového procesu (Zdroj: Environmentální modelování 1 Jan Unucka 2014)

5.2 Modelování S-O procesu

Základem hydrologického modelování je povodí tzn. území, ze kterého povrchovým a podpovrchovým tokem odtéká voda akumulovaná ve sněhové pokrývce nebo voda z atmosférických srážek. Povodí je vymezené rozvodnicí. Níže si popíšeme mnou použitý model MIKE - SHE. [27]

5.3 MIKE - SHE

Jedná se o S-O model Dánské firmy DHI (Danish Hydraulic Institute), S-O model patří do skupiny koncepčních distribuovaných nebo semi - distribuovaných modelů, má schopnosti simulovat jak kontinuálně tak pouze epizodně. MIKE -

SHE je propracovaný model s vazbou na GIS, tím pádem je s ním možné řešit širokou škálu úkolů např. analýzu, řízení a plánování v oblasti vodních zdrojů, posuzování jednotlivých interakcí mezi povrchovou a podzemní vodou, nebo řešení technických zásahů do povodí. Modulární systém nám umožňuje zapojení dalších komponent, např. model eroze a transportu sedimentů, model šíření znečištění atd. Skládá se z několika komponent, které počítají objem a distribuci vody v jednotlivých fázích procesu odtoku. [28] [29]

5.3.1 Hlavní komponenty modelu

Jak jsem již výše zmínil tento model se skládá z několika komponent, které počítají objem a distribuci vody v jednotlivých fázích odtokového procesu. V této kapitole si tyto komponenty představíme.

Srážky (dešťové, sněhové): Vstupují do modelu ve formě časových řad ze srážkoměrných stanic, popřípadě mohou být vypočítány charakteristické hodnoty (v GIS) pro jednotlivá pole gridu. Model si vstupní data přizpůsobí danému časovému kroku podle potřeb. MIKE - SHE obsahuje i model akumulace a tání sněhu. [27]

Evapotranspirace a intercepce: Je počítána z časových řad, pokud jsou zadány uživatelem. [27]

Povrchový odtok z povodí: Je založen na 2D metodě konečných diferencí šíření vlny. Je využívána stejná velikost pole gridu jako u podzemního odtoku. [27]

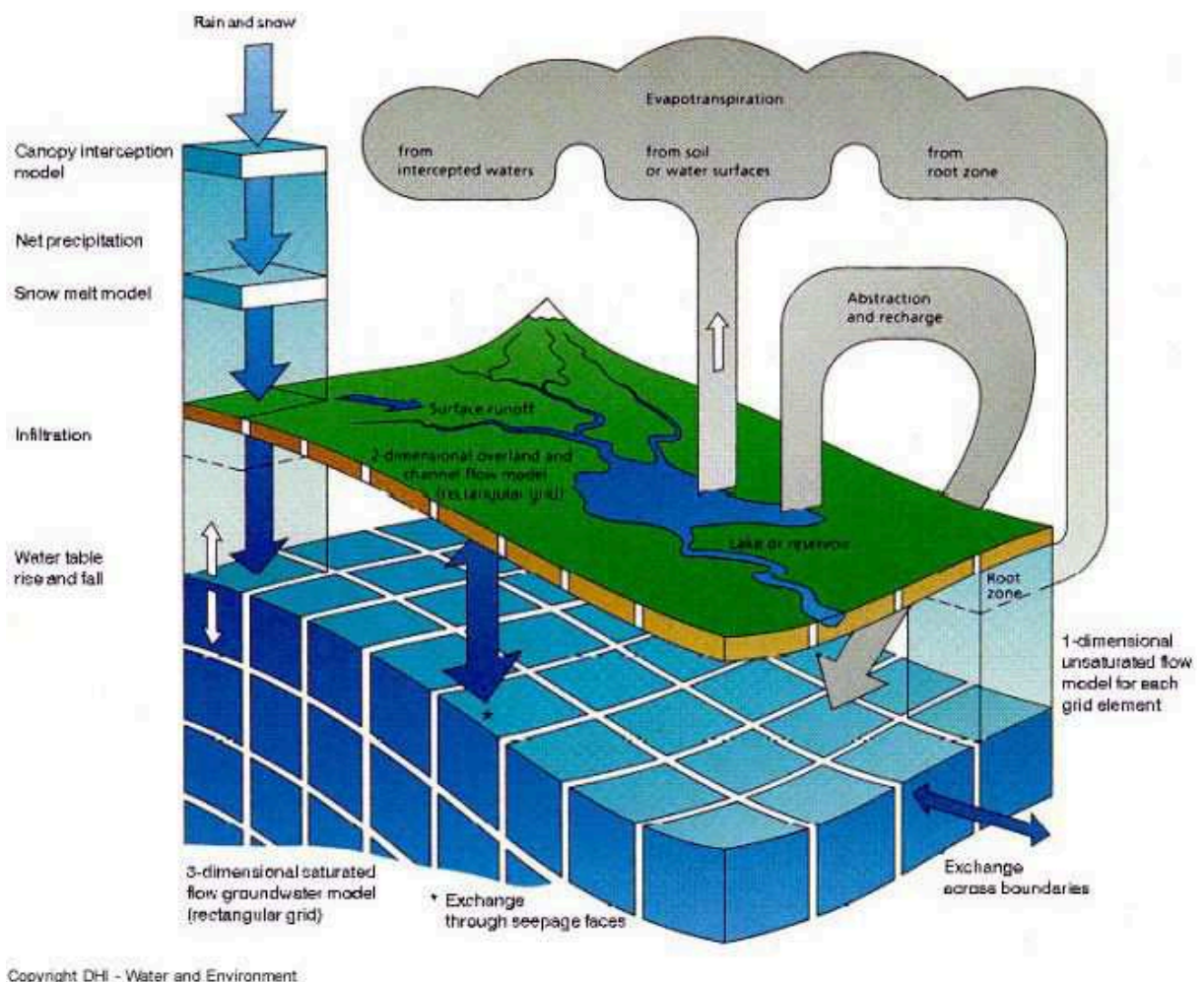
Odtok v korytě: Pro popis postupu vlny je používán komponent MIKE11, který je i samostatným 1D routing modelem. V MIKE - SHE poskytuje řadu možností simulace postupu vlny např. metoda Muskingum, výpočet transportní difuzní rovnice i řešení St. Venantových rovnic proudění v korytě (Momentová rovnice a rovnice kontinuity). [27]

Podpovrchový odtok v nesaturované zóně půdního profilu: Tento komponent počítá proudění v zóně mezi povrchovým odtokem a hladinou podzemní vody. MIKE - SHE zahrnuje několik možných přístupů k výpočtu: jednoduchý dvouvrstvý model, gravitační model proudění a dále model založený

na řešení Richardsovy rovnice. Všechny tyto postupy vyžadují zadání specifických vlastností půdy (nasycená hydraulická vodivost, pórovitost atd.). Z toho důvodu byla vytvořena databáze půd a osevních plodin, která obsahuje tyto charakteristiky. [27]

Podzemní odtok: MIKE - SHE obsahuje 2D i 3D model proudění podzemní vody, který je založený metodě konečných diferencí, tento model je velmi podobný modelu MODFLOW. Geologie povodí je popsána vrstvami a ččkami ve formátu shapefile (shp) nebo gridu. [27] [30]

Tyto jednotlivé komponenty jsou znázorněny na obrázku 35.



Obrázek 35 Koncepte MIKE - SHE (Zdroj: Environmentální modelování 1 Jan Unucka 2014)

5.3.2 Nároky na vstupní data

MIKE - SHE pracuje s daty běžnými pro tyto modely. Pracuje s formáty ASCII, případně využívá data z vlastní databáze půd a prostřednictvím nadstaveb GIS zpracovává i data prostorová. Velmi důležitá jsou vlastní zaměřená data přímo z povodí (odběr, půdních vzorků), zaměření příčných profilů koryta a odhad nebo výpočet drsnostních součinitelů, nebo také data získaná analýzou satelitních nebo leteckých snímků. [29]

5.3.3 Kalibrace a specifika MIKE - SHE

Model můžeme kalibrovat buď manuálně, což je časově velmi náročný proces, nebo ji můžeme provést také automaticky. Pro automatickou kalibraci modelu byl firmou DHI vyvinut speciální nástroj zvaný AUTOCAL, ten umožňuje optimalizovat parametry modelu podle stanovených požadavků, při zachování okrajových podmínek. Pro některé produkty z dílny DHI byly také vytvořeny nadstavby pro GIS, které tak umožňují zpracování externích dat, jedná se např. o nadstavbu MIKE11 GIS, pracující pod softwarem ArcGIS. [30]

5.3.4 Shrnutí a charakteristika MIKE - SHE

Shrnutí a charakteristiku vybraného modelu MIKE - SHE vidíme v tabulce č. 6.

Charakteristika modelu	Popis
Výrobce, aktuální verze	DHI, 2012 SP1
webové stránky	http://www.dhigroup.com
Platforma OS	OS Windows 98 – Windows 7, Windows Server x86/x64
Ovládání	grafické uživatelské rozhraní / DHI Simulation Engine (od verze 2007)
Distributivnost	semidistribučný/distribučný model
Napojení na GIS	MIKE Zero, ESRI knihovny
Import/správa časových řad	editor MIKE Zero, úprava ASCII souborů
Editace schematizace	GUI interaktivní / tabelární (polo)automatická
Kalibrace	poloautomatická
Možnost schematizace VH nádrží	Podporováno (MIKE 11)
Radarové odhady srážek	k definovaným souřadnicím bodů, import rastru
Metody hydrologické transformace	Kristensen-Jensen, Richardsova rovnice, Green-Ampt, nasycená zóna pomocí 3D metody konečných prvků, MODFLOW, FEFLOW, degree/day, nepřímá podpora metody SCS-CN
Metody hydraulické transformace	St.Venant / kinematická vlnová aproximace / MIKE 11 (KW, DyW, DiW) pro neustálené, energy equation (Bernoulli) pro ustálené pr.
Licence	komerční software, demo
Dokumentace	uživatelské a technické manuály, FAQ, případové studie

Tabulka 6 Shrnutí a charakteristika modelu MIKE - SHE (Zdroj: Environmentální modelování 1 Jan Unucka 2014)

6 Zhodnocení odtokových a erozních poměrů matematickými modely

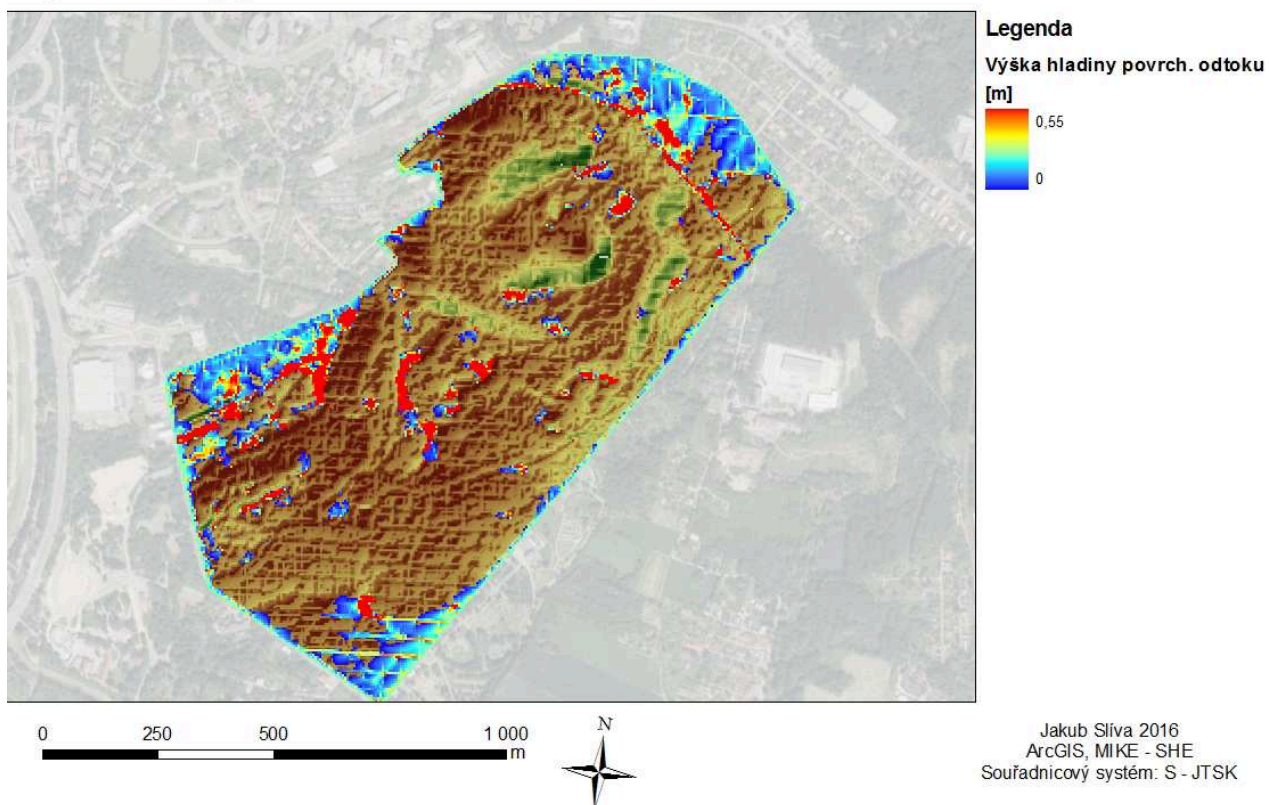
Modelování hydrologických procesů probíhalo v programu MIKE - SHE, který je popsán v předchozí kapitole.

Časová etapa modelování byla 48 h. Jednotlivé kroky jsou provedeny v intervalu 1 h. Výstupem je simulace vývoje výšky hladiny povrchového odtoku a také deficit nenasycené zóny. Zde si ukážeme průběh jednotlivých simulací pouze

prostřihem těchto výstupů a to stav na začátku procesu simulace, stav po 24 h a nakonec po 48 h na konci simulace procesu.

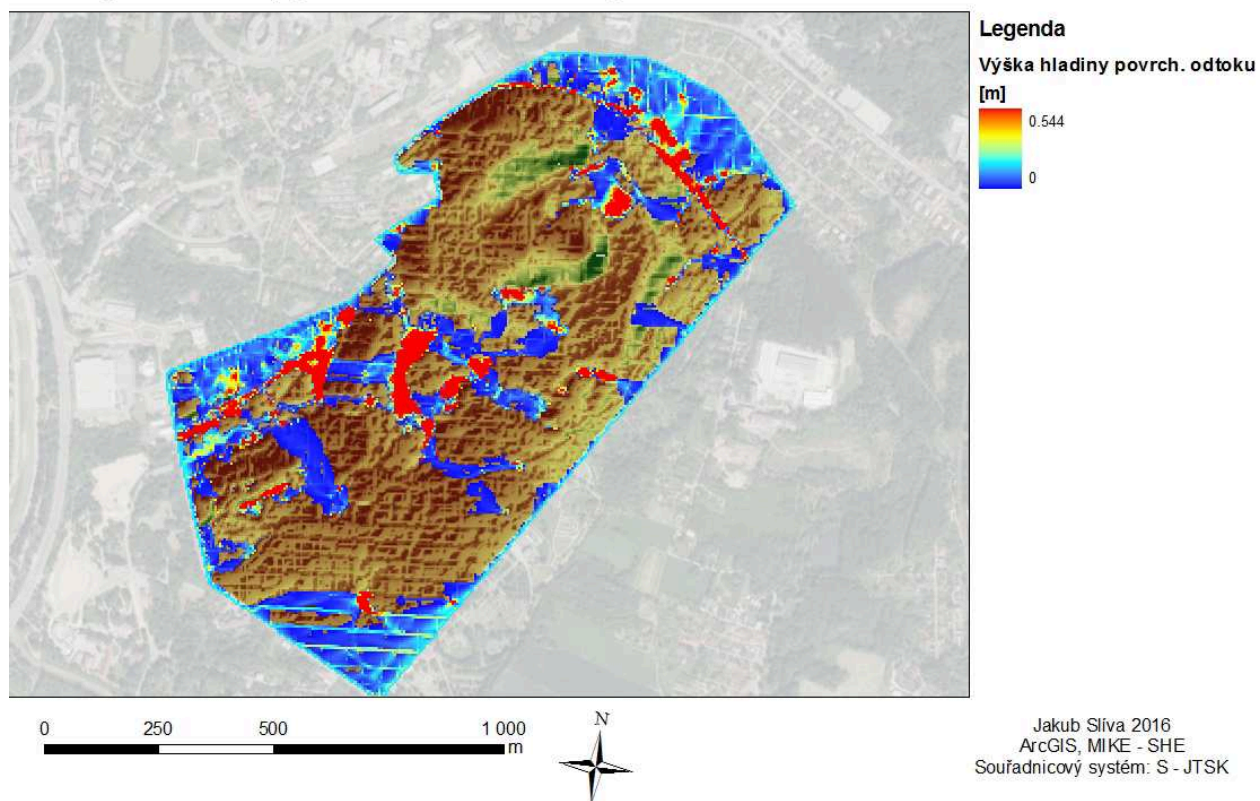
6.1 Simulace vývoje výšky hladiny povrchového odtoku

Výška hladiny povrchového odtoku na začátku simulace



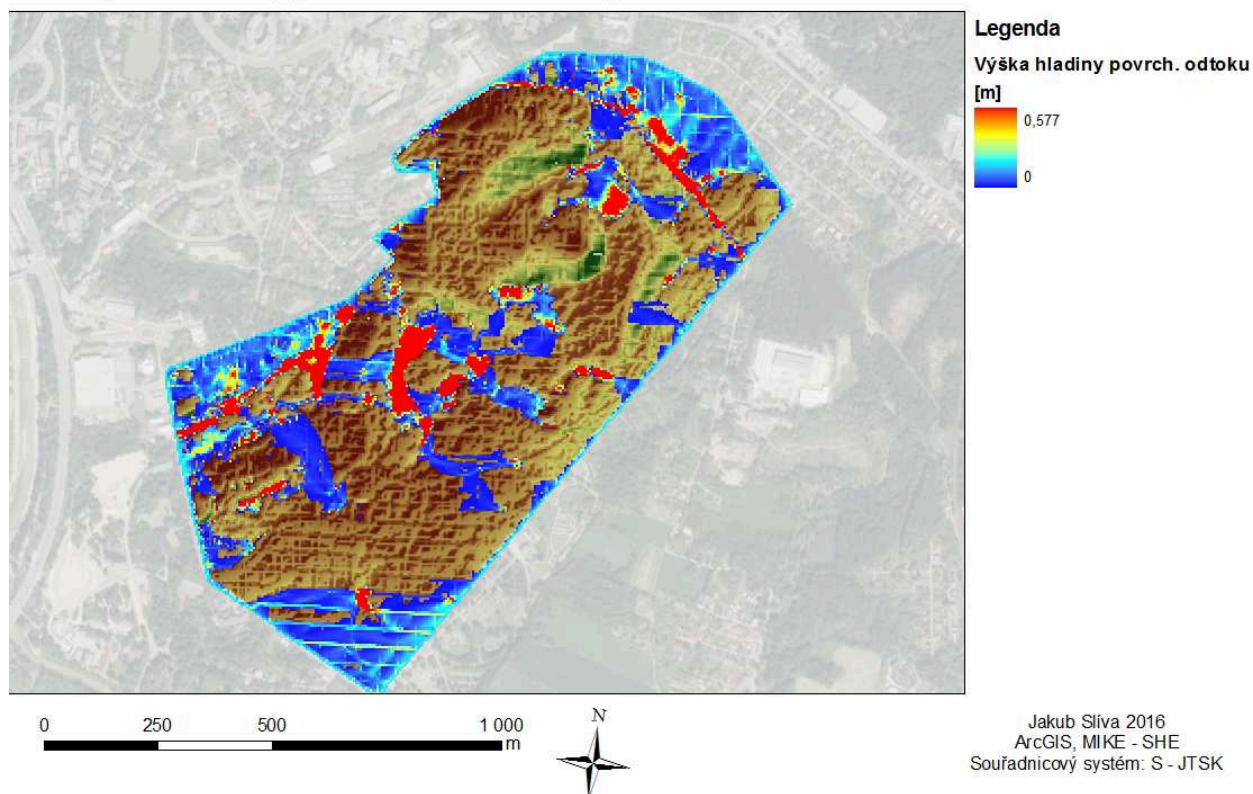
Obrázek 36 Výška hladiny povrchového odtoku na začátku simulace (Zdroj dat: ČHMÚ)

Výška hladiny povrchového odtoku: po 24 h



Obrázek 37 Výška hladiny povrchového odtoku po 24 h simulace (Zdroj dat: ČHMÚ)

Výška hladiny povrchového odtoku: po 48 h

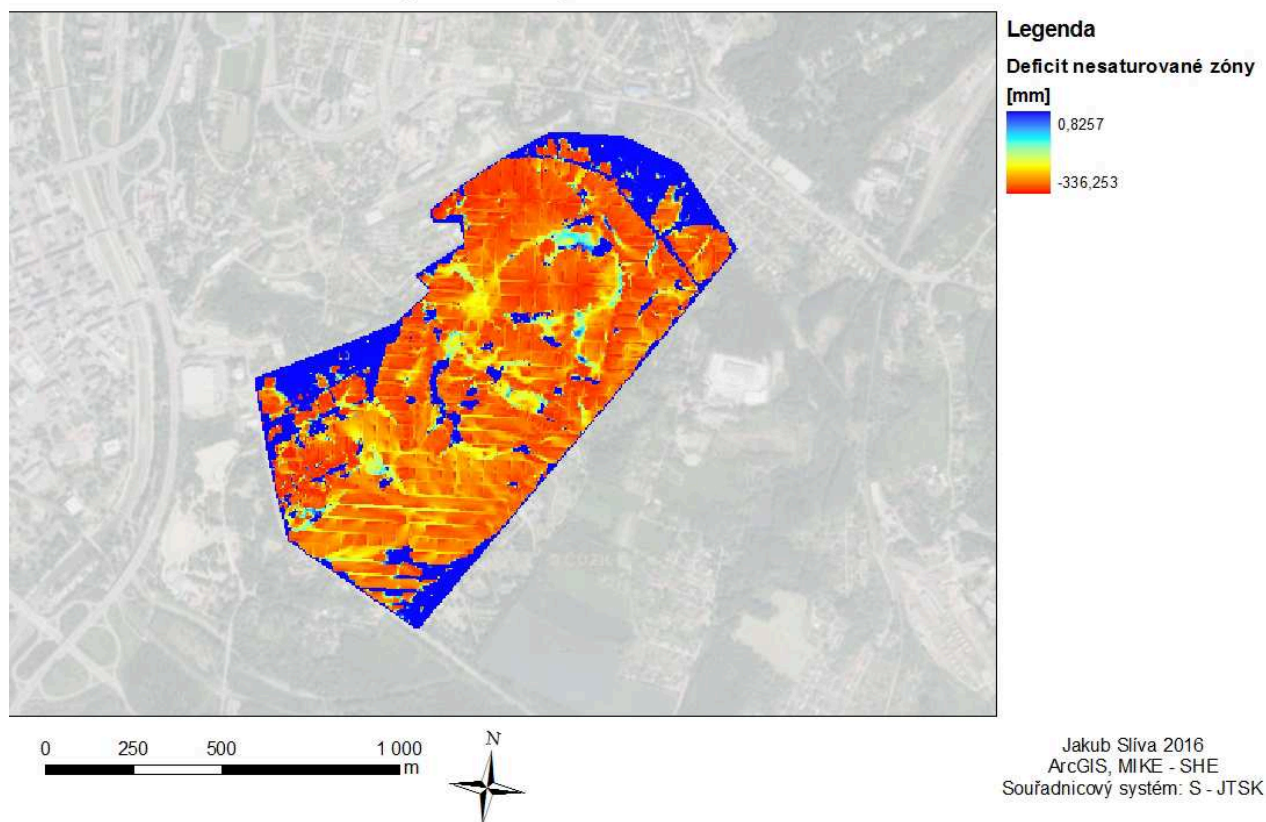


Obrázek 38 Výška hladiny povrchového odtoku po 48 h na konci simulace. (Zdroj dat: ČHMÚ)

Ze simulace je patrné, že během 2 dnů se nejvyšší výška hladiny povrchového odtoku pohybovala od 0,54 do 0,57 m, ovšem hladina povrchového odtoku se v různých místech zvyšovala během průběhů simulace, což je patrné z map z počátku, středu a konce simulace. V místech s vysokou hladinou povrchového odtoku je velmi pravděpodobný výskyt vodní eroze.

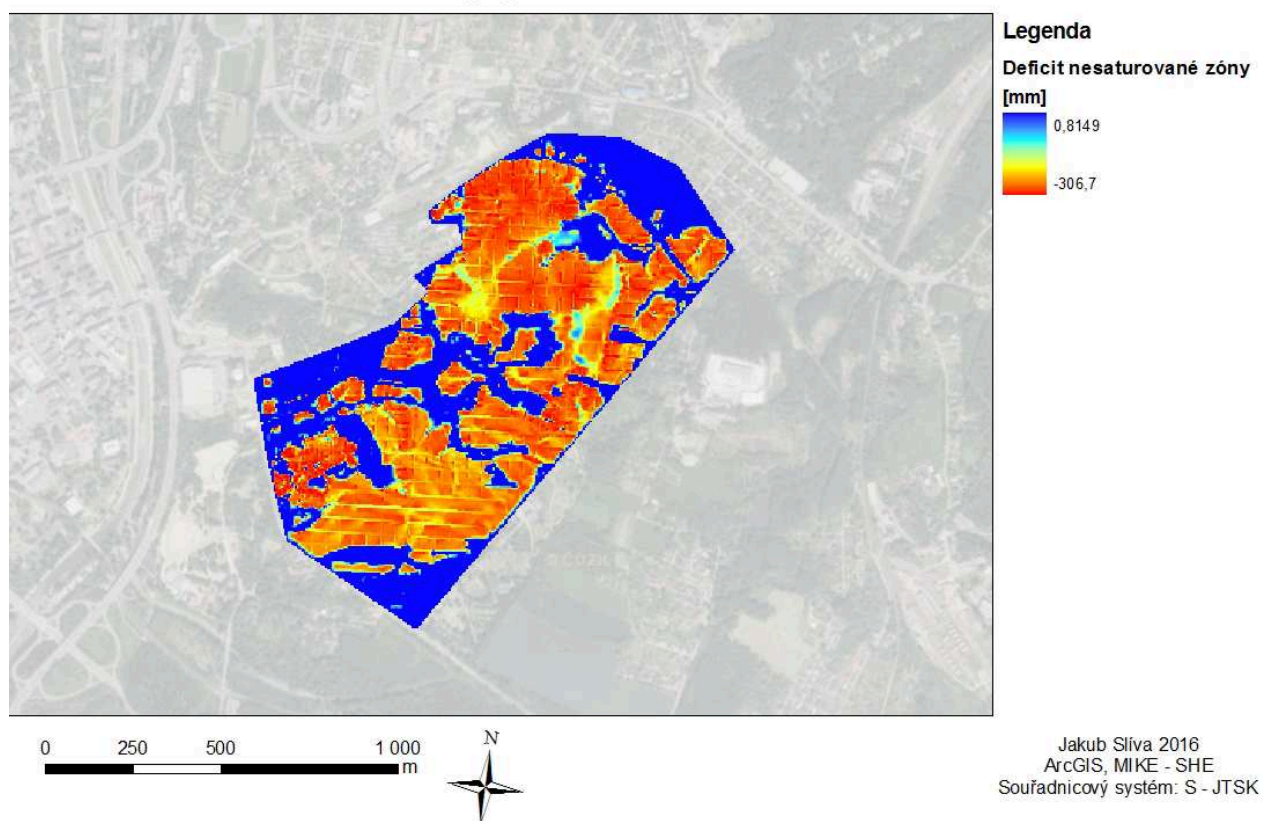
6.2 Simulace vývoje deficitu nesaturované zóny

Deficit nesaturované zóny: začátek procesu



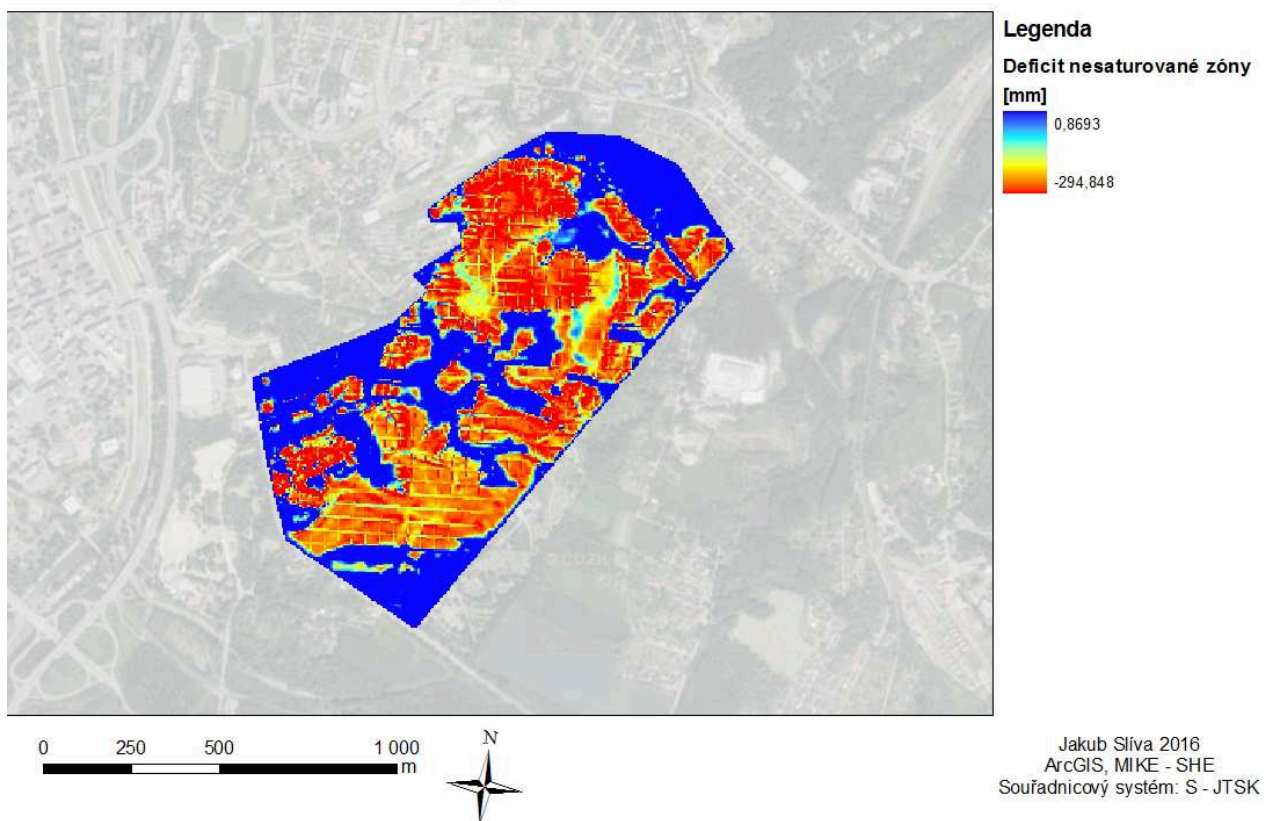
Obrázek 39 Deficit nesaturované zóny na počátku simulace (Zdroj dat: ČHMÚ)

Deficit nesaturované zóny: po 24 h



Obrázek 40 Deficit nesaturované zóny po 24 h simulace. (Zdroj dat: ČHMÚ)

Deficit nesaturované zóny: po 48 h



Obrázek 41 Deficit nesaturované zóny po 48 h, na konci procesu. (Zdroj dat: ČHMÚ)

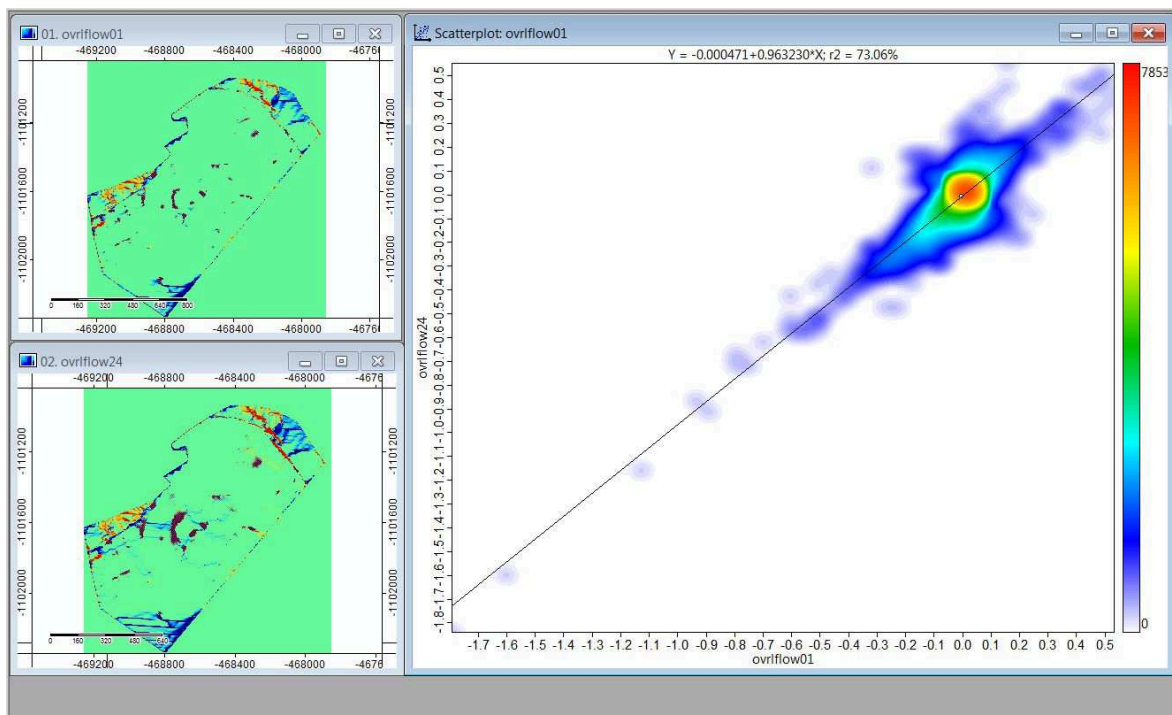
Ze simulace vývoje deficitu nesaturované zóny je patrné, že deficit nesaturované zóny se během dvou dnů simulace snižoval z cca 336 mm až na 294 mm.

7 Geostatistické zhodnocení výsledků, revize návrhů opatření

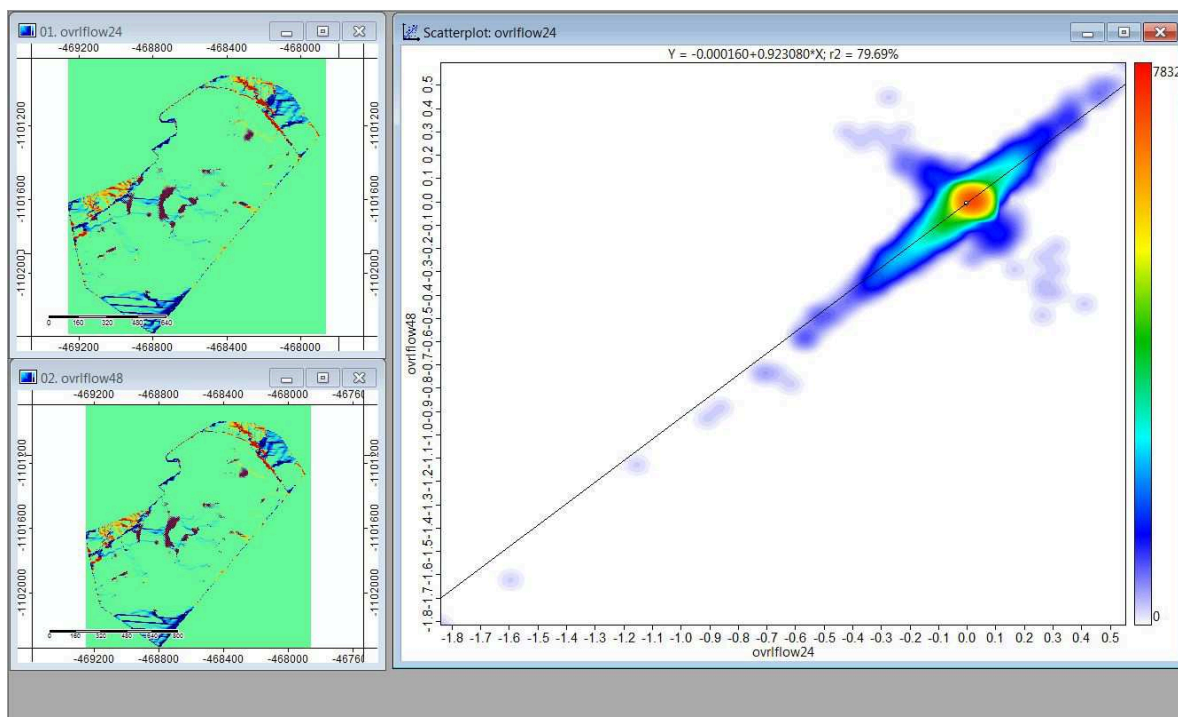
7.1 Regresní analýza

V následujícím bodě je uvedena regresní analýza zjištěných výsledků.

7.1.1 Regresní analýza vývoje výšky hladiny nesaturované zóny

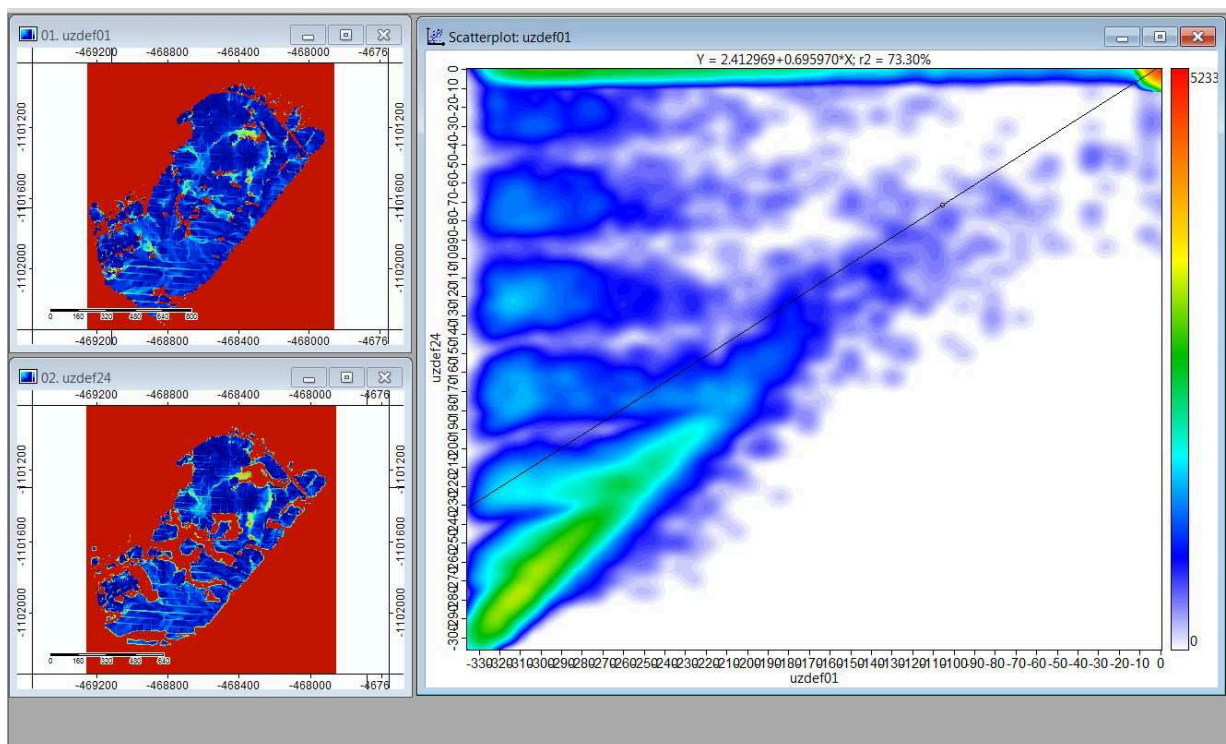


Obrázek 42 Regresní analýza začátku simulace a simulace po 24 h.

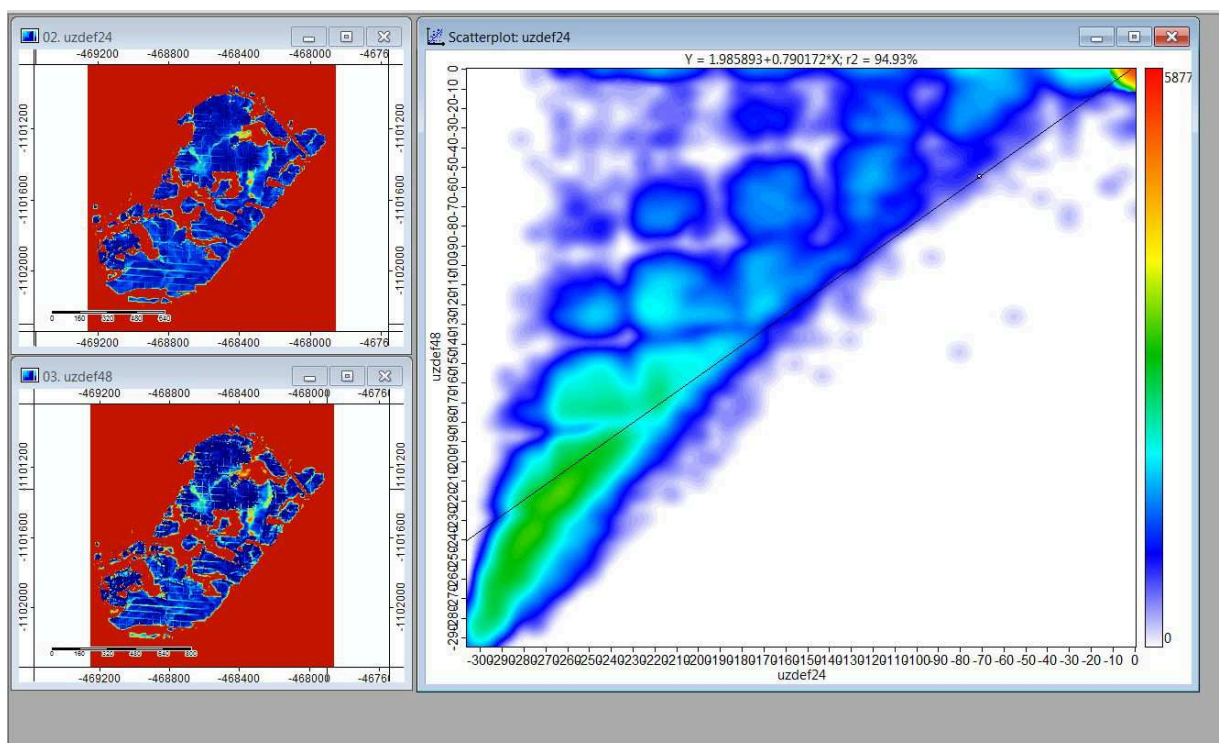


Obrázek 43 Regresní analýza simulace po 24 h a konce simulace.

7.1.2 Regresní analýza vývoje deficitu nesaturované zóny



Obrázek 44 Regresní analýza začátku simulace a simulace po 24 h.



Obrázek 45 Regresní analýza simulace po 24 h a konce simulace.

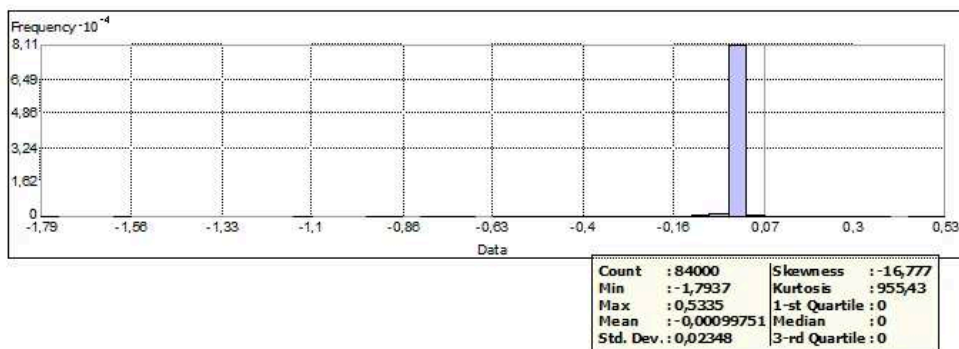
7.2 Histogramy a statistika jednotlivých rastrových dat

Zde jsou uvedeny histogramy jednotlivých rastrových dat a jejich základní statistické údaje. Tyto údaje jsou tvořeny z předešlých výstupů z programu MIKE - SHE, jsou vytvořeny programem ESRI ArcMap.

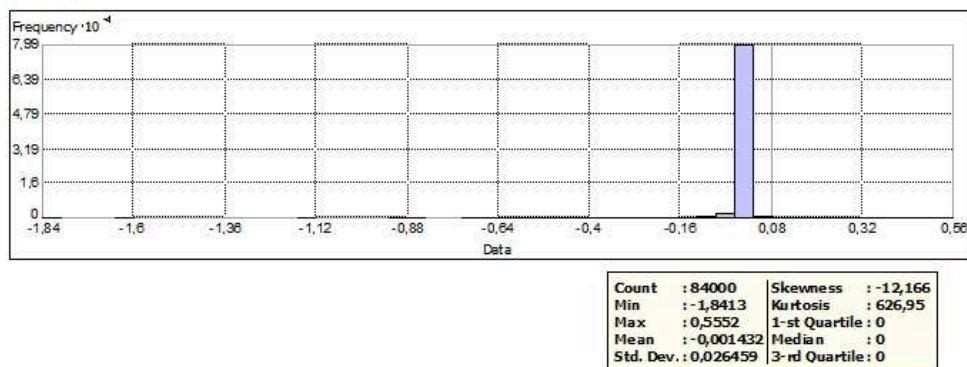
7.2.1 Histogramy vývoje výšky hladiny povrchového odtoku

Histogramy jednotlivých fází simulace vývoje hladiny povrchového odtoku

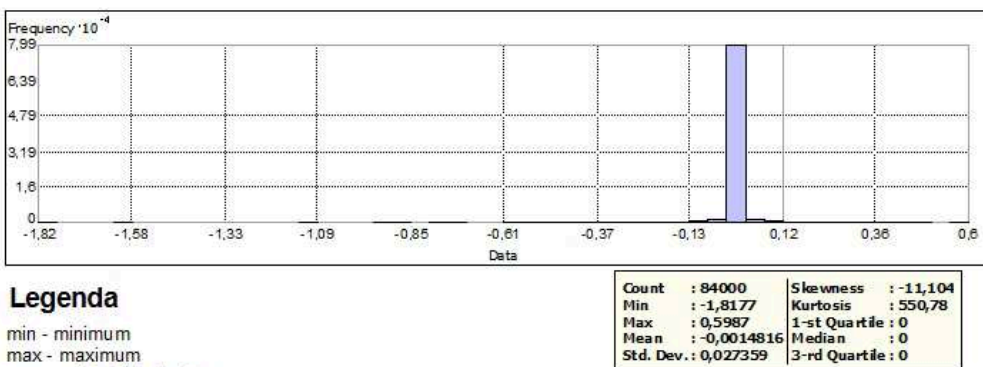
Začátek simulace



Po 24 h



Po 48 h konec simulace



Legenda

min - minimum
 max - maximum
 mean - střední hodnota
 standart deviation - směrodatná odchylka
 skewness - zešikmení (šikmost)
 kurtosis - špičatost

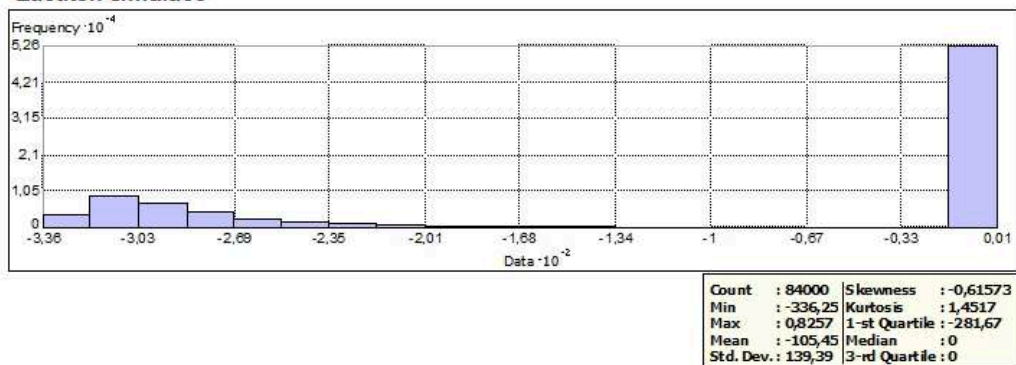
Jakub Slíva 2016
 ArcGIS

Obrázek 46 Histogramy a základní statistické údaje rastů vývoje hladiny povrchového odtoku.

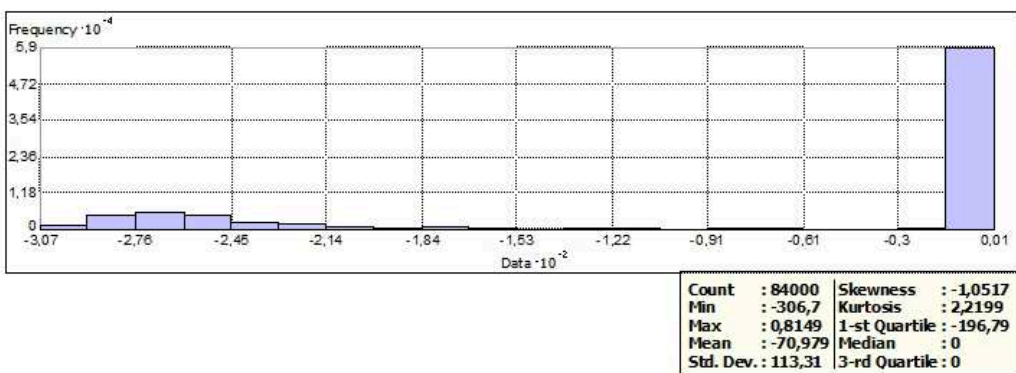
7.2.2 Histogramy vývoje deficitu nesaturované zóny

Histogramy jednotlivých fází simulace deficitu nesaturované zóny

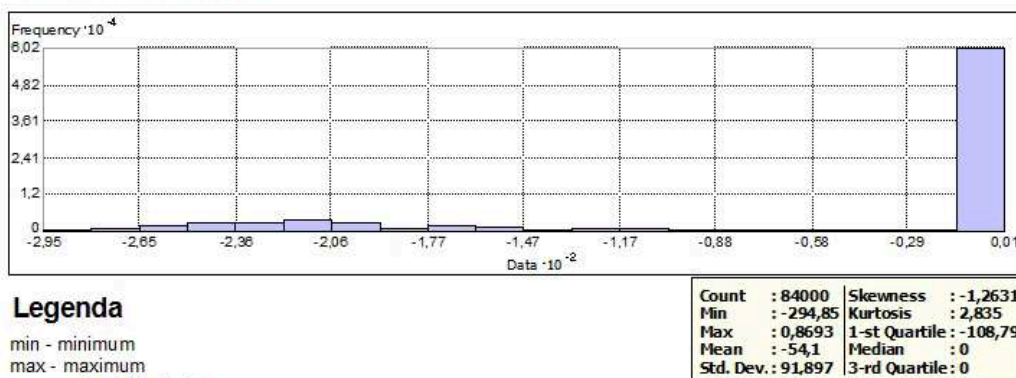
Začátek simulace



Po 24 h



Po 48 h konec simulace



Legenda

min - minimum
 max - maximum
 mean - střední hodnota
 standart deviation - směrodatná odchylka
 skewness - zešíkmení (šíkmost)
 kurtosis - špičatost

Jakub Slíva 2016
 ArcGIS

Obrázek 47 Histogramy a základní statistické údaje vývoje deficitu nesaturované zóny.

8 Závěr

Cílem této práce byla analýza erozních a odtokových poměrů na lokalitě Trojice. Míra těchto rizik závisí na mnoha dílčích faktorech např.: tvar reliéfu, pedologické složení, sklonitost svahů, úhrn srážek atd. Tyto faktory jsou zobrazeny pomocí programu ArcGIS. Hodnocení těchto poměrů probíhalo empiricky tj. vlastní návštěvou daného území a z dostupných zdrojů, dále hodnocení probíhalo také pomocí simulace pomocí programu MIKE - SHE, z něhož byly dva výstupy a to vývoj hladiny povrchového odtoku a vývoj deficitu nesaturované zóny, tato simulace byla nastavena na dobu 2 dnů v intervalech 1 h. Výsledky zjištěné matematickým modelem, potvrdily předchozí empirické hodnocené a výskyt eroze ať už ve větší či menší míře. Výsledky modelování byly dále ještě statisticky zhodnoceny regresní analýzou a dále vyjádřeny histogramem. Zjištěné informace by mohly být přínosem do budoucna pro další rozvoj tohoto území. Vodní eroze je dlouhou dobu problémem pro zemědělskou a lesní půdu a proto je nutné ji předcházet. V práci jsem uvedl i druhy možné protierozní ochrany.

Oblast Trojického údolí je dlouhou dobu podvyužitá a to navzdory tomu, že je velmi dobře situovaná vzhledem k městské zástavbě. Toto místo má obrovský potenciál pro využití od komerčního využití až po využití jako rekreační oblasti pro občany města. Ovšem stále je zde bohužel velká spousta nedostatků, které bude nutno odstranit v případě jakéhokoliv dalšího využití místa.

9 Použité informační zdroje

1. [www.trojice.com.](http://www.trojice.com/) *www.trojice.com.* [Online] 2015.
<http://www.trojice.com/>.
2. [www.zdarbuh.cz.](http://www.zdarbuh.cz/) [Online] <http://www.zdarbuh.cz/reviry/okd/dul-trojice-v-ostrave/>.
3. **www.hornictvi.info.** *www.hornictvi.info.* [Online] 2015.
<http://www.hornictvi.info/histhor/lokality/okr/00a.htm>.
4. **ČGS.** [www.geology.cz.](http://www.geology.cz/) *www.geology.cz.* [Online] 2015.
<http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>.
5. *moravske - karpaty.* [www.moravske - karpaty.cz.](http://www.moravske-karpaty.cz/) [Online]
<http://www.moravske-karpaty.cz/index.htm>.
6. **Chlupáč, Ivo.** *Geologická minulost České Republiky.* Praha : Academia, 2002. 80-200_0914-0.
7. **Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad.**
Taxonomický klasifikační systém půd ČR. Brandýs nad Labem : Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem.
8. **společnost, Česká pedologická.** <http://pedologie.czu.cz/>. [Online]
<http://pedologie.czu.cz/>.

9. **Martinec, Petr.** *Geologické prostředí a geotechnické vlastnosti pokryvu karbonu České části hornoslezské pánve.* Ostrava : Ústav geoniky AV ČR v. v. i. Ostrava, 2008. 978-80-86407-54-8.
10. **Ostrava, VŠB - TU.** geologie.vsb.cz. *geologie.vsb.cz*. [Online] http://geologie.vsb.cz/reg_geol_cr/6_kapitola.htm.
11. **Václav Kachlík, Ivo Chlupáč.** *Základy geologie, Historická geologie.* Praha : Univerzita Karlova v Praze, 2003. 80-246-0212-1.
12. **Š., Šišková.** Ostrava - Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice - doprůzkum, závěrečná zpráva. místo neznámé : G - Consult, 2013.
13. **Hájovský, Ing. Jiří.** www.ekomonitor.cz. [Online] http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/filepath/prezentace/10_hajovsky.pdf.
14. **Ing. Radovan Hájovský, Ph.D.** <http://www.monitoring-hald.com>. [Online] <http://www.monitoring-hald.com/index.php?section=Ema>.
15. www.dycham.ostrava.cz. *www.dycham.ostrava.cz*. [Online] 2015. <https://dycham.ostrava.cz/ekologicke-zateze/brownfieldy>.
16. **Raclavský K., Raclavská H., Matýsek D.** *Ochrana půd multimediální CD.* [CD] Ostrava : autor neznámý, 2010.

17. **Kopecký, Vlastislav.** *Režim podzemních vod a jeho změny v prostoru ČSPHM Benzina v Mikulově.* Brno : Masarykova Univerzita.
18. **Ondřej Šráček, Josef Datel, Jiří Mls.** *Kontaminační hydrogeologie.* Praha : Univerzita Karlova v Praze, 2000.
19. **www.usgs.gov.** *U.S. Geological survey.* [Online] 2016.
<http://toxics.usgs.gov/definitions/btex.html>.
20. **Holý, Miloš.** *Eroze a životní prostředí.* Praha : Vydavatelství ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01078-3.
21. **Jakub, Slíva.** *Analýza vybraných rizik CHKO Beskydy s využitím GIS.* Ostrava : VŠB - TU Ostrava, 2014.
22. **kolektiv, Miloslav Janeček a.** *Ochrana zemědělské půdy před erozí.* Praha : ISV nakladatelství, 2002. 8085866862.
23. **Miloš, Holý.** *Eroze a životní prostředí.* Praha : ČVUT, 1994. 80-01-01078-3.
24. **Vodní eroze.** *www.eroze.sweb.cz.* [Online] [Citace: 1. 4 2014.]
<http://eroze.sweb.cz/index.htm>.
25. **Marian Marschalko, Radomír Grygar, Arnošt Liberda, Jana Manfrínová.** *geologie.vsb.cz. geologie.vsb.cz.* [Online] [Citace: 31. Březen 2016.]

http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/8_EXOGENN%C3%8D_PROCESY/8_exo_geod_procesy.htm.

26. **Ing. J. Zídek, Ing. L. Drahozal.** *Provoz vodohospodářských děl. III. díl Hydrologie a hydrodynamika v provozu vodohospodářských děl.* Roudnice nad Labem : Univerzita J.E.Purkyně Katedra technických věd, 2010.

27. **Michal, Jeníček.** *Přehled srážko - odtokových modelů. Studijní materiál pro potřeby posluchačů předmětu Modelování hydrologických procesů.* [pdf] Praha : Univerzita Karlova v Praze, 2010.

28. **Singh, V. P. a Frevert, Donald K.** *Watershed models.* místo neznámé : Boca Raton : CRC/Taylor & Francis, 2006, 2006. 0-8493-3609-0.

29. **DHI.** MIKE powered by DHI. *www.mikepoweredbydhi.com.* [Online] [Citace: 8. Duben 2016.] <http://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-she>.

30. **Unucka, Jan.** *Environmentální modelování 1.* Ostrava : Ostravská univerzita v Ostravě, 2014.

10 Seznam použitých zkratk

GIS	Geografický informační systém
DHI	Danish hydraulic institute
NEL	Nepolární extrahovatelné látky
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
BTEX	Benzen, toluen, etylbenzen, xylén
OKR	Ostravsko - karvinský revír
S-O proces	Srážko - odtokový proces

11 Seznam obrázků

Obrázek 1 Zakreslení sledované oblasti v ortofoto mapě (Zdroj dat: CUZK)

Obrázek 2 Mapa krajinného pokryvu CORINE Land cover oblasti (Zdroj dat: CORINE, CUZK)

Obrázek 3 Historická fotografie z období provozu dolu Trojice (<http://www.hornictvi.info>)

Obrázek 4 Pohled do Trojického údolí z haldy Emy v období provozu (<http://www.zdarbuh.cz>)

Obrázek 5 Historické budovy při Těšínské ulici (<http://www.hrady.cz>)

Obrázek 6 Historická budova v horní části areálu při ulici na Burni (<http://www.hrady.cz>)

Obrázek 7 Geomorfologické členění ČR (Zdroj: <http://moravske-karpaty.cz>) Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geomorfologie/zapadni-karpaty/>)

Obrázek 8 Tektonicko geologický profil Západních Karpat (zdroj: <http://moravske-karpaty.cz>) Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geologie/geologie-moravskych-karpat/>)

Obrázek 9 Schématická mapa Hornoslezské pánve (zdroj: www.hornictvi.info) Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/histhor/lokality/okr/00a.htm>

Obrázek 10 Schématický řez ostravsko - karvinským revírem (zdroj: www.hornictvi.info) Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/histhor/lokality/okr/00a.htm>

Obrázek 11 Stratigrafické schéma Hornoslezské pánve (Zdroj: Geologická minulost České republiky, autor Ivo Chlupáč a kolektiv)

Obrázek 12 Pedologická mapa Slezské Ostravy s vyznačením sledované oblasti.

Obrázek 13 Schématický profil českou částí hornoslezské pánve (podle M. Dopity et al. 1993) (Zdroj: Geologická minulost České republiky, autor Ivo Chlupáč a kolektiv)

Obrázek 14 Geologický profil vrtu MJ - 301 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)

Obrázek 15 Geologický profil vrtu MJ - 302 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)

Obrázek 16 Geologický profil vrtu MJ - 303 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území

lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)

Obrázek 17 Geologický profil vrtu MJ - 304 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)

Obrázek 18 Geologický profil vrtu MJ - 305 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)

Obrázek 19 Geologický profil vrtu MJ - 306 (Zdroj: Šišková, Š., 2013. Ostrava – Trojice Komplexní řešení sanace kontaminovaného území lokality Trojice – doprůzkum plocha N. Závěrečná zpráva doprůzkumu. G - Consult)

Obrázek 20 Pohled na odval Ema (Zdroj: http://ostrava.idnes.cz/foto.aspx?foto1=STK3cbdee_ema.JPG)

Obrázek 21 Archivní snímek odvalu Ema r. 1962 (Zdroj: www.idnes.cz)
Dostupné z: http://ostrava.idnes.cz/foto.aspx?foto1=JOG3cc490_Halda.jpg)

Obrázek 22 Únik jedovatých plynů na vrcholu odvalu Ema (Zdroj: www.ziva.avcr.cz) Dostupné z: <http://ziva.avcr.cz/img/ziva/art2/lrg/vzacni-brouci-na-ostravskych-haldach-maji-rekultiv-9.jpg>)

Obrázek 23 Kádě s kontaminacemi (foto: Slíva 2016)

Obrázek 24 Základní typy arénů (Zdroj: Kontaminační hydrogeologie autor O. Šráček, J. Datel, J. Mls, 2000)

Obrázek 25 Základní zástupci PAU a jejich struktura (Zdroj: Ochrana půd K. Raclavský, H. Raclavská, D. Matýsek 2010)

Obrázek 26 Přehled některých fenolů (Zdroj: Kontaminační hydrogeologie autor O. Šráček, J. Datel, J. Mls, 2000)

Obrázek 27 Výřez z územního plánu (Zdroj: www.msk.cz) Dostupné z: <http://www.msk.cz/cz/mapy/uzemni-plany-obci-58306/>)

Obrázek 28 Legenda k mapě výřezu z územního plánu (Zdroj: www.msk.cz) Dostupné z: <http://www.msk.cz/cz/mapy/uzemni-plany-obci-58306/>)

Obrázek 29 Zjednodušené schéma mechanismu fluvialní eroze (Unucka 2010)

Obrázek 30 Již značně poničená opěrná zeď svahu (foto: Slíva 2016)

Obrázek 31 Znaky eroze na stromech (foto: Slíva 2016)

Obrázek 32 Model reliéfu Trojického údolí (Zdroj dat: ČHMU)

Obrázek 33 Mapa sklonitosti terénu Trojického údolí (Zdroj dat: ČHMÚ)

Obrázek 34 Schéma srážkoodtokového procesu (Zdroj: Environmentální modelování 1 Jan Unucka 2014)

Obrázek 35 Koncepce MIKE - SHE (Zdroj: Environmentální modelování 1 Jan Unucka 2014)

Obrázek 36 Výška hladiny povrchového odtoku na začátku simulace (Zdroj dat: ČHMÚ)

Obrázek 37 Výška hladiny povrchového odtoku po 24 h simulace (Zdroj dat: ČHMÚ)

Obrázek 38 Výška hladiny povrchového odtoku po 48 h na konci simulace. (Zdroj dat: ČHMÚ)

Obrázek 39 Deficit nesaturované zóny na počátku simulace (Zdroj dat: ČHMÚ)

Obrázek 40 Deficit nesaturované zóny po 24 h simulace. (Zdroj dat: ČHMÚ)

Obrázek 41 Deficit nesaturované zóny po 48 h, na konci procesu. (Zdroj dat: ČHMÚ)

Obrázek 42 Regresní analýza začátku simulace a simulace po 24 h.

Obrázek 43 Regresní analýza simulace po 24 h a konce simulace.

Obrázek 44 Regresní analýza začátku simulace a simulace po 24 h.

Obrázek 45 Regresní analýza simulace po 24 h a konce simulace.

Obrázek 46 Histogramy a základní statistické údaje růstů vývoje hladiny povrchového odtoku.

Obrázek 47 Histogramy a základní statistické údaje vývoje deficitu nenasycované zóny.

12 Seznam tabulek

Tabulka 1 Poločasy rozpadu PAU (Zdroj: Ochrana půd K. Raclavský, H. Raclavská, D. Matýsek 2010)

Tabulka 2 Klasifikace škodlivosti plošné fluviální eroze podle intenzity odnosu (Zdroj: www.cvut.cz)

Tabulka 3 Klasifikace škodlivosti výmolové eroze podle délky erozních rýh (www.cvut.cz)

Tabulka 4 Klasifikace ohrožení fluviální erozí (eroze.sweb.cz)

Tabulka 5 Kategorizace svahů podle sklonu (Zdroj: geologie.vsb.cz)

Tabulka 6 Shrnutí a charakteristika modelu MIKE - SHE (Zdroj: Environmentální modelování 1 Jan Unucka 2014)